



Japan Patent Office

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: September 24, 2003

Application Number: Japanese Patent Application
No.2003-331325

[ST.10/C]: [JP2003-331325]

Applicant(s): RICOH COMPANY, LTD.

October 27, 2003

Commissioner,
Japan Patent Office

Yasuo Imai (Seal)

Certificate No.2003-3088418

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月24日
Date of Application:

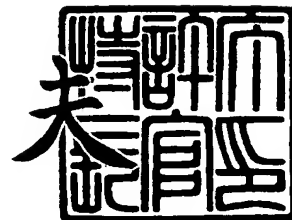
出願番号 特願2003-331325
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-331325]

出願人 株式会社リコー
Applicant(s):

2003年10月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願
【整理番号】 0306015
【提出日】 平成15年 9月24日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01J 9/02
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内
 【氏名】 関谷 卓朗
【特許出願人】
 【識別番号】 000006747
 【氏名又は名称】 株式会社リコー
 【代表者】 桜井 正光
【代理人】
 【識別番号】 100079843
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高野 明近
【選任した代理人】
 【識別番号】 100112313
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩野 進
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2002-308144
 【出願日】 平成14年10月23日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014465
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9904834

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ とすることを特徴とする電子源基板製造装置。

【請求項 2】

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6 \text{ m/s} \sim 18 \text{ m/s}$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ とすることを特徴とする電子源基板製造装置。

【請求項 3】

前記溶液は飛翔時に後方に複数の微小な滴を伴う形態で飛翔させることを特徴とする請求項 2 に記載の電子源基板製造装置。

【請求項 4】

前記噴射ヘッドと前記基板とは相対的に移動しながら前記溶液を噴射し、その相対的移動速度を、前記溶液の噴射速度の $1/3$ 以下にしたことを特徴とする請求項 2 もしくは 3 に記載の電子源基板製造装置。

【請求項 5】

前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 に記載の電子源基板製造装置。

【請求項 6】

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ とすることを特徴とする金属微粒子材料含有溶液。

【請求項 7】

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6 \text{ m/s} \sim 18 \text{ m/s}$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ とすることを特徴とする金属微粒子材料含有溶液。

【請求項 8】

前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料であることを特徴とする請求項 6 もしくは 7 に記載の金属微粒子材料含有溶液。

【請求項 9】

基板上の素子電極間に導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を付

与され、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって形成される導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成された電子源基板において、前記金属微粒子は前記ドットパターンを形成する面の表面粗さ以下の大きさであるとともに、前記ドットパターンの厚さを前記表面粗さ以上の厚さとしたことを特徴とする電子源基板。

【請求項 1 0】

前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、その組み合わせが前記ドットパターンのドットを 1 列に配列してなるとき、前記ドットを単独で形成した場合のドット径を L_d とするとき、 $L_d/2$ 以下の密度で前記電子放出部を形成したことを特徴とする請求項 9 に記載の電子源基板。

【請求項 1 1】

前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンが半ドット以上前記素子電極上をカバーしていることを特徴とする請求項 9 に記載の電子源基板。

【請求項 1 2】

前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンの厚さを他の接続領域以外の厚さより厚くしたことを特徴とする請求項 9 もしくは 1 1 に記載の電子源基板。

【請求項 1 3】

前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンを複数個重ねて打ち込んだことを特徴とする請求項 9 もしくは 1 1 もしくは 1 2 に記載の電子源基板。

【請求項 1 4】

前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を面取り形状としたことを特徴とする請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 に記載の電子源基板。

【請求項 1 5】

前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を面取り形状としたことを特徴とする請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 に記載の電子源基板。

【請求項 1 6】

前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を前記ドットパターンによって被覆したことを特徴とする請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 に記載の電子源基板。

【請求項 1 7】

前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を前記ドットパターンによって被覆したことを特徴とする請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 に記載の電子源基板。

【請求項 1 8】

前記表面伝導型電子放出素子は前記基板上にマトリックス状に素子群として形成されるとともに、各素子の電極間距離を前記素子群の配列ピッチより小として形成したことを特徴とする請求項 9 に記載の電子源基板。

【請求項 1 9】

請求項 9 ～ 1 8 のいずれか 1 に記載の電子源基板と、該電子源基板に対向して配置され、蛍光体を搭載し、前記電子源基板とほぼ同じ形状、大きさのフェースプレートとを有することを特徴とする画像表示装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】電子源基板製造装置、金属微粒子材料含有溶液、電子源基板、及び画像表示装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面伝導型電子放出素子を用いた電子源基板の製造装置、該装置に使用する溶液およびそれにより製作される電子源基板、ならびに該電子源基板を用いた画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電子放出素子として熱電子源と冷陰極電子源の2種類が知られている。冷陰極電子源には電界放出型（以下、FE型という）、金属／絶縁層／金属型（以下、MIM型という）や表面伝導型電子放出素子等がある。FE型の例としては「W.P.Dyke & W.W.Dolan, "Field emission", Advance in Electron Physics, 8 89(1956)」(非特許文献1)あるいは「C.A.Spindt, "Physical Properties of thin-film fieldemission cathodes with molybdenum" J.Appl.Phys., 475248(1976)」(非特許文献2)等が知られている。MIM型の例としては「C.A.Mead, "The Tunnel-emission amplifier", J.Appl.Phys., 32 646 (1961)」(非特許文献3)等が知られている。

【0003】

表面伝導型電子放出素子型の例としては、「M.I.Elinson, Radio Eng. Electron Phys., 1290(1965)」(非特許文献4)等がある。表面伝導型電子放出素子は、基板上に形成された小面積の薄膜に、膜面に平行に電流を流すことにより、電子放出が生ずる現象を利用するものである。この表面伝導型電子放出素子としては、前記Elinson等によるSnO₂薄膜を用いたもの、Au薄膜によるもの（「G.Dittmer: "Thin Solid Films", 9 317(1972)」(非特許文献5)）、In₂O₃/SnO₂薄膜によるもの（「M.Hartwell and C.G.Fonstad: "IEEE Trans. ED Conf.", 519(1975)」(非特許文献6)）、カーボン薄膜によるもの（「荒木久他：真空、第26巻、第1号、22頁（1983）」(非特許文献7)）等が報告されている。

【0004】

これらの表面伝導型電子放出素子の典型的な素子構成として、前述のM. Hartwellの素子構成を図29に示す。図29において、1は基板、2、3は素子電極、4は導電性薄膜で、該導電性薄膜4はH型形状のパターンに、スパッタで形成された金属酸化物薄膜等からなり、後述の通電フォーミングと呼ばれる通電処理により電子放出部5が形成される。なお、図中の素子電極2、3間の間隔L1は、0.5～1mm、W1は、0.1mmで設定されている。

【0005】

従来、これらの表面伝導型電子放出素子においては、電子放出を行う前に導電性薄膜4に対して予め通電フォーミングと呼ばれる通電処理を施すことによって電子放出部5を形成するのが一般的である。通電フォーミングとは導電性薄膜4の両端に直流電圧あるいは非常にゆっくりとした昇電圧例えば1V/分程度を印加通電し、導電性薄膜4を局部的に破壊、変形もしくは変質せしめ、電気的に高抵抗な状態にした電子放出部5を形成することである。なお、電子放出部5では導電性薄膜4の一部に亀裂が発生し、その亀裂付近から電子放出が行われる。前記通電フォーミング処理をした表面伝導型電子放出素子は、導電性薄膜4に電圧を印加し、素子に電流を流すことにより電子放出部5より電子を放出せしめるものである。

【0006】

上述したような表面伝導型放出素子は、構造が単純で製造も容易であることから、大面積にわたって多数の素子を配列形成できる利点がある。そこで、この特徴を活かした荷電ビーム源、表示装置等の応用研究がなされている。多数の表面伝導型電子放出素子を配列形成した例としては、後述するように、梯型配置と呼ぶ並列に表面伝導型電子放出素子を

配列し、個々の素子の両端を配線（共通配線とも呼ぶ）で、それぞれ結線した行を多数行配列した電子源があげられる（例えば特許文献1-3参照）。

【0007】

また、特に、表示装置等の画像形成装置においては、近年、液晶を用いた平板型表示装置がCRTに替わって普及してきたが、自発光型でないためバックライトを持たなければならない等の問題点があり、自発光型の表示装置の開発が望まれてきた。自発光型表示装置としては、表面伝導型放出素子を多数配置した電子源と、電子源より放出された電子によって可視光を発光せしめる蛍光体とを組み合わせた表示装置である画像形成装置があげられる（例えば特許文献4参照）。

【0008】

しかしながら、表面伝導型電子放出素子の上記従来例による製造方法は、真空成膜と半導体プロセスにおけるフォトリソグラフィ・エッチング法を多用するものであり、大面積にわたって素子を形成するには、工程数も多く、電子源基板の生産コストが高いといった欠点がある。

【0009】

上述のような課題に対して、本発明者は、上述のごとき表面伝導型電子放出素子の素子部の導電性薄膜を形成するにあたり、米国特許第3060429号明細書（特許文献5）、第3298030号（特許文献6）、第3596275号（特許文献7）、第3416153号（特許文献8）、第3747120号（特許文献9）、第5729257号（特許文献10）等として知られるようなインクジェット液滴付与手段によって、真空成膜法とフォトリソグラフィ・エッチング法によらずに、安定的に歩留まり良くかつ低コストで上記の導電性薄膜を形成することができるのではないかと考えた。そして、特開2001-319567号公報（特許文献11）にその具体的な制作方法について多岐にわたって検討した結果を開示している。

【0010】

しかしながら、いわゆるインクを紙に向けて飛翔、記録を行うインクジェット記録と違い、導電性薄膜となる元素を含有する溶液を安定的に飛翔させ、基板上に付与するにはまだまだ未解決の要素が多々存在する。たとえば、このような元素は一般に金属元素であり、金属微粒子を含有する溶液を、長期にわたって安定して噴射する技術はいまだ未知の部分が多い。特に、長期にわたる噴射性能を一定にするには、目詰まりの問題を解決しなければならない。

【0011】

従来、水溶性の染料を溶解した記録液体を使用したインクジェット記録の分野においては、使用されるヘッドの吐出口（ノズル）が、従来は $\Phi 33\mu\text{m}$ ～ $\Phi 34\mu\text{m}$ （面積でいうと $900\mu\text{m}^2$ 程度）から、 $\Phi 50\mu\text{m}$ ～ $\Phi 51\mu\text{m}$ （面積でいうと $2000\mu\text{m}^2$ 程度）のものが一般的であり、染料も液媒体中に溶解しているので目詰まり性という問題は対処できていた。しかしながら、本発明のように、金属微粒子を含有する溶液を、たとえば、 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下（面積でいうと $500\mu\text{m}^2$ 未満）という従来にない微細な吐出口から長期にわたって安定して噴射する技術は確立できていない。

【特許文献1】 特開昭64-31332号公報

【特許文献2】 特開平1-283749号公報

【特許文献3】 特開平2-257552号公報

【特許文献4】 米国特許第5066883号明細書

【特許文献5】 米国特許第3060429号明細書

【特許文献6】 米国特許第3298030号明細書

【特許文献7】 米国特許第3596275号明細書

【特許文献8】 米国特許第3416153号明細書

【特許文献9】 米国特許第3747120号明細書

【特許文献10】 米国特許第5729257号明細書

【特許文献11】 特開2001-319567号公報

【非特許文献 1】W.P.Dyke & W.W.Dolan, "Field emission", Advance in Electron Physics, 8 89(1956)

【非特許文献 2】C.A.Spindt, "Physical Properties of thin-film fieldemission cathodes with molybdenum" J.Appl.Phys., 475248(1976)

【非特許文献 3】C.A.Mead, "The Tunnel-emission amplifier", J.Appl.Phys., 32 646(1961)

【非特許文献 4】M.I.Elinson, Radio Eng.Electron Phys., 1290(1965)

【非特許文献 5】G.Dittmer: "Thin Solid Films", 9 317(1972)

【非特許文献 6】M.Hartwell and C.G.Fonstad: "IEEE Trans. ED Conf.", 519(1975)

【非特許文献 7】荒木久他: 真空、第 2 6 巻、第 1 号、2 2 頁 (1 9 8 3)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 2】

本発明は、上述のごとき表面伝導型電子放出素子を用いた画像表示装置の電子源基板の製造装置ならびにそれに使用する金属微粒子含有溶液、さらには、このような製造装置によって製作される電子源基板およびそれを用いた画像表示装置に関するものであり、

第 1 の目的は、電子放出素子を有する電子源基板を溶液噴射によって製造する際に、噴射時に目詰まりがなく安定して製造できる新規な製造装置を提供することにある。

第 2 の目的は、そのような製造装置の他の構成を提案することにある。

第 3 の目的は、このような製造装置において、安定した噴射を行うことができ、高精度な電子源基板を製造できるようにすることにある。

第 4 の目的は、このような製造装置において、高品位な電子源基板を製造できるようにすることにある。

第 5 の目的は、このような製造装置において、噴射性能劣化が生じることなく、安定して製造できる新規な製造装置を提供することにある。

【0 0 1 3】

第 6 の目的は、電子放出素子を有する電子源基板を溶液噴射によって製造する際に、噴射時に目詰まりがなく安定して噴射できるような新規な溶液を提供することにある。

第 7 の目的も、同様な製造装置によって電子放出素子を有する電子源基板を溶液噴射によって製造する際に、噴射時に目詰まりがなく安定して噴射できるような新規な溶液を提供することにある。

第 8 の目的は、このような製造装置によって電子放出素子を有する電子源基板を溶液噴射によって製造する際に、噴射性能劣化が生じることなく、安定して噴射できるような新規な溶液を提供することにある。

【0 0 1 4】

第 9 の目的は、このような新規な構成の製造装置によって製造される高品位な電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 0 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板とすることにある。

第 1 1 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高い他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 2 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 3 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 4 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 5 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第 1 6 の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子

放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第17の目的は、このような電子源基板において、信頼性の高いさらに他の構成の電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

第18の目的は、このような電子源基板において、高精度な電子放出素子を有する電子源基板を提供することにある。

【0015】

第19の目的は、このような高品質かつ高精度で信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板を用いた高品位な画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、前記目的を達成するために、

第1に、導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ とするようにした。

第2に、導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6\text{m/s} \sim 18\text{m/s}$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ とするようにした。

第3に、上記第2の電子源基板製造装置において、前記溶液は飛翔時に後方に複数の微小な滴を伴う形態で飛翔させるようにした。

第4に、上記第2もしくは第3の電子源基板製造装置において、前記噴射ヘッドと前記基板とは相対的に移動しながら前記溶液を噴射し、その相対的移動速度を、前記溶液の噴射速度の $1/3$ 以下にした。

第5に、上記第1～第4のいずれか1の電子源基板製造装置において、前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料とした。

【0017】

第6に、導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ とした。

第7に、導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6\text{m/s} \sim 18\text{m/s}$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ とした。

第8に、上記第6もしくは第7の金属微粒子材料含有溶液において、前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料とした。

【0018】

第9に、基板上の素子電極間に導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を付与され、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって形成される導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成された電子源基板において、前記金属微粒子は前記ドットパターンを形成する面の表面粗さ以下の大きさであるとともに、前記ドットパターンの厚さを前記表面粗さ以上の厚さとした。

第10に、上記第9の電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、その組み合わせが前記ドットパターンのドットを1列に配列してなるとき、前記ドットを単独で形成した場合のドット径を Ld とするとき、 $Ld/2$ 以下の密度で前記電子放出部を形成するようにした。

第11に、上記第9の電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンが半ドット以上前記素子電極上をカバーするようにした。

第12に、上記第9もしくは第11の電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンの厚さを他の接続領域以外の厚さより厚くするようにした。

第13に、上記第9もしくは第11もしくは第12の電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンを複数個重ねて打ち込むようにした。

第14に、上記第9～第13のいずれか1の電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を面取り形状とした。

第15に、上記第9～第13のいずれか1の電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を面取り形状とした。

第16に、上記第9～第13のいずれか1の電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を前記ドットパターンによって被覆した。

第17に、上記第9～第13のいずれか1の電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を前記ドットパターンによって被覆した。

第18に、上記第9の電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子は前記基板上にマトリックス状に素子群として形成されるとともに、各素子の電極間距離を前記素子群の配列ピッチより小として形成するようにした。

【0019】

第19に、上記第9～第18のいずれか1の電子源基板と、該電子源基板に対向して配置され、蛍光体を搭載し、前記電子源基板とほぼ同じ形状、大きさのフェースプレートとを有する画像表示装置とした。

【発明の効果】

【0020】

第1の手段に対応した効果

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25\mu m$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分

散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とすると、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ としたので、微細かつ良好なパターンを有する電子放出素子が形成できるとともに、溶液の噴射時に目詰まりが起きない長期使用に対して安定して使用できる新規な電子源基板製造装置とすることができた。

【0021】

第2の手段に対応した効果

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu m$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6 m/s \sim 18 m/s$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置において、前記溶液は液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とすると、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ としたので、微細かつ高精度なパターンを有する電子放出素子が形成できるとともに、溶液の噴射時に目詰まりが起きない長期使用に対して安定して使用できる新規な電子源基板製造装置とすることができた。

【0022】

第3の手段に対応した効果

このような電子源基板製造装置において、前記溶液は飛翔時に後方に複数の微小な滴を伴う形態で飛翔させるようにしたので、高速で安定した噴射を行うことができ、基板上への高精度な着弾が得られ、高精度な電子放出素子を有する電子源基板を製造できる電子源基板製造装置とすることができた。

【0023】

第4の手段に対応した効果

このような電子源基板製造装置において、前記噴射ヘッドと前記基板とは相対的に移動しながら前記溶液を噴射し、その相対的移動速度を、前記溶液の噴射速度の $1/3$ 以下としたので、高精度かつ良好な溶液のドットを形成でき、高品位な電子放出素子を有する電子源基板を製造できる電子源基板製造装置とすることができた。

【0024】

第5の手段に対応した効果

このような電子源基板製造装置において、前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料としたので、噴射ヘッドの吐出口がキズついたり、摩耗したりしてその噴射性能劣化が起きることのない、安定して使用できる新規な電子源基板製造装置とすることができた。

【0025】

第6の手段に対応した効果

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu m$ 以下の圧電素子を用いたピエゾジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を液滴として飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とすると、 $0.0002 \leq D_p/D_o \leq 0.01$ としたので、微細かつ良好なパターンを有する電子放出素子が形成できるとともに、溶液の噴射時に目詰まりが起きない長期使用に対して安定して使用できる新規な金属微粒子材料含有溶液を提案できた。

【0026】

第7の手段に対応した効果

導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を、吐出口径 $\Phi 25 \mu m$ 以下の発熱体を用いたサーマルジェット方式の噴射ヘッドにより噴射し、前記溶液を $6 m/s \sim 18 m/s$ の速度で飛翔させ、基板上の素子電極間に付与し、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板上に残留させることによって導電性薄

膜による表面伝導型電子放出素子を形成する電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、該溶液中の金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ としたので、微細かつ高精度なパターンを有する電子放出素子が形成できるとともに、溶液の噴射時に目詰まりが起きない長期使用に対して安定して使用できる新規な金属微粒子材料含有溶液を提案できた。

【0027】

第8の手段に対応した効果

このような電子源基板製造装置に使用する金属微粒子材料含有溶液において、前記金属微粒子は、前記吐出口を構成する部材よりやわらかい材料としたので、噴射ヘッドの吐出口がキズついたり、摩耗したりしてその噴射性能劣化が起こることのない、安定して使用できる新規な金属微粒子材料含有溶液を提案できた。

【0028】

第9の手段に対応した効果

基板上の素子電極間に導電性薄膜を形成するための金属微粒子材料を含有する溶液を付与され、付与後の溶液ドットパターン中の揮発成分を揮発させ、固形分を前記基板に残留させることによって形成される導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子を形成された電子源基板において、前記金属微粒子は前記ドットパターンを形成する面の表面粗さ以下の大きさであるとともに、前記ドットパターンの厚さを前記表面粗さ以上の厚さとしたので、形成される電子放出素子は高品位となり、良好な電子放出が行える電子源基板とすることができた。

【0029】

第10の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、その組み合わせが前記ドットパターンのドットを1列に配列してなるとき、前記ドットを単独で形成した場合のドット径を L_d とするとき、 $L_d / 2$ 以下の密度で前記電子放出部を形成するようにしたので、断線等に強く信頼性の高い電子放出素子を得ることができるようになった。

【0030】

第11の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンが半ドット以上前記素子電極上をカバーするようにしたので、断線等に強く信頼性の高い電子放出素子を得ることができるようになった。

【0031】

第12の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンの厚さを他の接続領域以外の厚さより厚くするようにしたので、ステップカバレッジが良好になり、断線等に強く信頼性の高い電子放出素子を得ることができるようになった。

【0032】

第13の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子の電子放出部が前記ドットパターンの組み合わせによって形成されるとともに、そのドットパターンが前記素子電極と電氣的接続され、その接続領域において、前記ドットパターンを複数個重ねて打ち込むようにしたので、断線等に強く信頼性の高い電子放出素子を得ることができるようになった。

【0033】

第14の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を面取り形状としたので、異常放電の起きない高品質かつ信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板が得られるようになった。

【0034】

第15の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を面取り形状としたので、異常放電の起きない高品質かつ信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板が得られるようになった。

【0035】

第16の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、該パターンのコーナー部を前記ドットパターンによって被覆したので、異常放電の起きない高品質かつ信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板が得られるようになった。

【0036】

第17の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記素子電極は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成されるとともに、前記素子電極の互いに対向する側のコーナー部を前記ドットパターンによって被覆したので、異常放電の起きない高品質かつ信頼性の高い電子放出素子を有する電子源基板が得られるようになった。

【0037】

第18の手段に対応した効果

このような電子源基板において、前記表面伝導型電子放出素子は前記基板上にマトリックス状に素子群として形成されるとともに、各素子の電極間距離を前記素子群の配列ピッチより小として形成するようにしたので、高精度な電子放出素子を有する電子源基板が得られるようになった。

【0038】

第19の手段に対応した効果

このような電子源基板と、該電子源基板に対向して配置され、蛍光体を搭載し、前記電子源基板とはほぼ同じ形状、大きさのフェースプレートとを有する画像表示装置としたので、異常放電の起きない高品質かつ高精度で信頼性が高く、高画質で高品位な耐久性の高い画像表示装置を得られるようになった。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

図1は、本発明の一実施形態に係る平面型表面伝導型電子放出素子を構成した電子源基板の一例を示す模式図で、図1(A)はその平面図、図1(B)は図(A)のB-B線断面図で、図中、1は基板、2、3は素子電極、4は導電性薄膜、5は電子放出部である。本発明の表面伝導型電子放出素子の基本的な構成は平面型であり、ここでは簡略化して、1つの平面型表面伝導型電子放出素子の構成を模式的に示しているが、実際には、後述するように、このような平面型表面伝導型電子放出素子がマトリックス配置された素子群として構成される。

【0040】

基板1としては、石英ガラス、Na等の不純物含有量を低減させたガラス、青板ガラス、SiO₂を表面に堆積させたガラス基板およびアルミナ等のセラミックス基板等を用いることができる。素子電極2、3の材料としては、一般的な導電材料を用いることができ、例えば、Ni、Cr、Au、Mo、W、Pt、Ti、Al、Cu、Pd等の金属あるいは合金、Pd、As、Ag、Au、RuO₃、Pd-Ag等の金属あるいは金属酸化物とガラス等から構成される印刷導体、In₂O₃-SnO₂等の透明導電体、ポリシリコン等

の半導体材料等から適宜選択される。

【0041】

素子電極 2、3 間の間隔 L は、好ましくは数千 \AA ないし数百 μm の範囲であり、より好ましくは、素子電極 2、3 間に印加する電圧等を考慮して $1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ の範囲である。素子電極 2、3 の長さ W は、電極の抵抗値および電子放出特性を考慮して、数 μm ないし数百 μm であり、また、素子電極 2、3 の膜厚 d は、 100\AA ないし $1\mu\text{m}$ の範囲である。

【0042】

図 2 は、図 1 に示した平面型表面伝導型電子放出素子の製造方法を説明するための図で、図 2 (A) は基板 1 に素子電極 2、3 を形成した図、図 2 (B) は素子電極 2、3 に導電性薄膜 4 を形成した図、図 2 (C) は該導電性薄膜 4 に電子放出部 5 を形成した図を示す。導電性薄膜 4 としては、良好な電子放出特性を得るために、微粒子で構成された微粒子膜が特に好ましく、その膜厚は素子電極 2、3 へのステップカバレッジ、素子電極 2、3 間の抵抗値および後述する通電フォーミング条件等によって適宜設定されるが、好ましくは、数 \AA ないし数千 \AA で、特に好ましくは、 10\AA ないし 500\AA である。またその抵抗値は、 R_s が 10 の 2 乗ないし 10 の 7 乗 Ω の値である。なお、 R_s は厚さが t 、幅が w で長さが l の薄膜の抵抗 R を、 $R = R_s (l/w)$ とおいたときに現われる値で、薄膜材料の抵抗率を ρ とすると $R_s = \rho/t$ で表される。ここでは、フォーミング処理について通電処理を例に挙げて説明するが、フォーミング処理はこれに限られるものではなく、膜に亀裂を生じさせて高抵抗状態を形成する方法であればいかなる方法を用いても良い。

【0043】

導電性薄膜 4 を構成する材料としては、Pd、Pt、Ru、Ag、Zn、Sn、W、Pb 等の金属が本発明の表面伝導型電子放出素子として、良好な電子放出を行うことができる材料としてあげられる。しかし、後述するように、本発明の製造装置に使用される液滴噴射ヘッドとの適合性を考慮する必要があるが、これらの材料が全て好適に使用できるわけではない。

【0044】

ここで述べる微粒子膜とは複数の微粒子が集合した膜であり、その微細構造として、微粒子が個々に分散配置した状態のみならず、微粒子が互いに隣接、あるいは重なり合った状態（いくつかの微粒子が集合し、全体として島状を形成している場合も含む）をとっている。微粒子の粒径は、数 \AA ないし $1\mu\text{m}$ であり、好ましくは 10\AA ないし 200\AA である。

なお本発明は図 1 に示した構成に限らず、基板 1 上の導電性薄膜 4 の上に、素子電極 2、3 を形成させた構成にしてもよい。

【0045】

以下、本発明の一実施形態に係る表面伝導型電子放出素子を形成した電子源基板の製造装置について述べる。図 3 は、本発明に係る電子源基板の製造装置の一例を示す図で、図中、11 は吐出ヘッドユニット（噴射ヘッド）、12 はキャリッジ、13 は基板保持台、14 は平面型表面伝導型電子放出素子群を形成する基板、15 は導電性薄膜の材料を含有する溶液の供給チューブ、16 は信号供給ケーブル、17 は噴射ヘッドコントロールボックス、18 はキャリッジ 12 の X 方向スキャンモータ、19 はキャリッジ 12 の Y 方向スキャンモータ、20 はコンピュータ、21 はコントロールボックス、22 ($22X_1$ 、 $22Y_1$ 、 $22X_2$ 、 $22Y_2$) は、基板位置決め／保持手段である。

【0046】

図 3 に示す構成は、基板保持台 13 に置かれた基板 14 の前面を噴射ヘッド 11 がキャリッジ走査により移動し、導電性薄膜材料を含有する溶液を噴射付与する例を示すものである。噴射ヘッド 11 は、任意の液滴を定量吐出できるものであれば如何なる機構でも良く、特に数 $10 \sim$ 数ピコリットル程度の液滴、あるいは、より少量体積の液滴を形成できるインクジェット方式の機構が望ましい。インクジェット方式としては、圧電素子を用いたピエゾジェット方式、ヒータの熱エネルギーを利用して気泡を発生させるバブルジェッ

ト（登録商標）方式、あるいは、荷電制御方式（連続流方式）等いずれのものでも構わない。

【0047】

図4は、本発明の電子源基板の製造方法を適用しうる液滴付与装置の構成の一例を説明するための概略図で、図5は、図4の液滴付与装置の吐出ヘッドユニットの要部概略構成図である。図4の構成は、図3の構成と異なり、基板側を移動させて電子放出素子群を基板に形成するものである。図4及び図5において、2、3は素子電極、14は基板、30は吐出ヘッドユニット（図3の吐出ヘッド11に相当）、31はヘッドアライメント制御機構、32は検出光学系、33はインクジェットヘッド、34はヘッドアライメント微動機構、35は制御コンピュータ、36は画像識別機構、37はXY方向走査機構、38は位置検出機構、39は位置補正制御機構、40はインクジェットヘッド駆動・制御機構、41は光軸、42は液滴、43は液滴着弾位置である。

【0048】

吐出ヘッドユニット30の液滴付与装置（インクジェットヘッド33）としては、図3の場合と同様に、インクジェット方式の機構が望ましく、圧電素子を用いたピエゾジェット方式、ヒータの熱エネルギーを利用して気泡を発生させるバブルジェット（登録商標）方式、あるいは荷電制御方式（連続流方式）等いずれのものでも構わない。

【0049】

以下に、図4に示した基板14側を移動させる装置の構成を説明する。まず図4において、XY方向走査機構37の上に基板14が載置してある。基板14上の表面伝導型電子放出素子は図1のものと同一構成であり、単素子としては図1に示したものと同様、基板1、素子電極2、3及び導電性薄膜（微粒子膜）4よりなっている。この基板14の上方に液滴を付与する吐出ヘッドユニット30が位置している。本実施例では、吐出ヘッドユニット30は固定で、基板14がXY方向走査機構37により任意の位置に移動することで吐出ヘッドユニット30と基板14との相対移動が実現される。

【0050】

次に、図5により、吐出ヘッドユニット30の構成を説明する。検出光学系32は、基板14上の画像情報を取り込むもので、液滴42を吐出させるインクジェットヘッド33に近接し、検出光学系32の光軸41および焦点位置と、インクジェットヘッド33による液滴42の着弾位置43とが一致するように配置されている。この場合、検出光学系32とインクジェットヘッド33との位置関係は、ヘッドアライメント微動機構34とヘッドアライメント制御機構31により精密に調整できるようになっている。また、検出光学系32には、CCDカメラとレンズとを用いている。

【0051】

再度、図4に戻って説明する。画像識別機構36は、先の検出光学系32で取り込まれた画像情報を識別するもので、画像のコントラストを2値化し、2値化した特定コントラスト部分の重心位置を算出する機能を有したものである。具体的には、（株）キーエンス製の高精度画像認識装置；VX-4210を用いることができる。これによって得られた画像情報に基板14上における位置情報を与える手段が位置検出機構38である。これには、XY方向走査機構37に設けられたリニアエンコーダ等の測長器を利用することができる。また、これらの画像情報と基板14上での位置情報をもとに、位置補正を行なうのが位置補正制御機構39であり、この機構によりXY方向走査機構37の動きに補正が加えられる。また、インクジェットヘッド駆動・制御機構40によってインクジェットヘッド33が駆動され、液滴が基板14上に塗布される。これまで述べた各制御機構は、制御コンピュータ35により集中制御される。

【0052】

なお、以上の説明は、吐出ヘッドユニット30は固定で、基板14がXY方向走査機構37により任意の位置に移動することで吐出ヘッドユニット30と基板14との相対移動を実現しているが、図3に示したように、基板14を固定とし、吐出ヘッドユニット30がXY方向に走査するような構成としてもよいことはいうまでもない。特に、200mm

×200mm程度の中画面～2000mm×2000mmあるいはそれ以上の大画面の画像形成装置の製作に適用する場合には、後者のように、基板14を固定とし、吐出ヘッドユニット30が直交するX、Yの2方向に走査するようにし、溶液の液滴の付与をこのような直交する2方向に順次行うようにする構成としたほうがよい。

【0053】

他の例として、基板サイズが、例えば、短手方向の長さが400mm程度以下の場合には、液滴付与のための吐出ヘッドユニットを400mmの範囲をカバーできるラージアレイマルチノズルタイプとし、吐出ヘッドユニットと基板の相対移動を直交する2方向（X方向、Y方向）に行うことなく、1方向（長手方向）のみ（例えばX方向のみ）に相対移動させることも可能であり、また、量産性も高くすることができるが、基板サイズの短手方向が400mmより長い場合には、そのような400mmより長い範囲をカバーできるラージアレイマルチノズルタイプの吐出ヘッドユニットを製作することは技術的／コスト的に実現困難であり、本発明のように、吐出ヘッドユニット30が直交するX、Yの2方向に走査するようにし、溶液の液滴の付与をこのような直交する2方向に順次行うようにする構成としたほうがよい。

【0054】

液滴42の材料には、先に述べた導電性薄膜となる元素あるいは化合物を含有する水溶液、有機溶剤等を用いることができる。例えば、導電性薄膜となる元素あるいは化合物がパラジウム系の例を以下に示すと、酢酸パラジウム－エタノールアミン錯体（P A－M E）、酢酸パラジウム－ジエタノール錯体（P A－D E）、酢酸パラジウム－トリエタノールアミン錯体（P A－T E）、酢酸パラジウム－ブチルエタノールアミン錯体（P A－B E）、酢酸パラジウム－ジメチルエタノールアミン錯体（P A－D M E）等のエタノールアミン系錯体を含んだ水溶液、また、パラジウム－グリシン錯体（P d－G l y）、パラジウム－β－アラニン錯体（P d－β－A l a）、パラジウム－D L－アラニン錯体（P d－D L－A l a）等のアミノ酸系錯体を含んだ水溶液、さらには酢酸パラジウム・ビス・ジ・プロピルアミン錯体の酢酸ブチル溶液等が挙げられる。

【0055】

より具体的には、たとえば、酢酸パラジウム－トリエタノールアミン水溶液の例で説明すると、以下のようにして製造される。すなわち、50gの酢酸パラジウムを500ccのイソプロピルアルコールに懸濁させ、さらに100gのトリエタノールアミンを加え35℃で12時間攪拌する。反応終了後、イソプロピルアルコールを蒸発により除去し、固形物にエチルアルコールを加えて溶解、濾過し、濾液から酢酸パラジウム－トリエタノールアミンを再結晶させる。このようにして得た酢酸パラジウム－トリエタノールアミン10gを190gの純水に溶解し、噴射用溶液とすることができる。

【0056】

他の例としては、パラジウム微粒子を電圧60V、周波数50Hz、酸素流量40ml/minのオゾン発生装置でオゾン処理し、その処理済みのパラジウム微粒子7gをエチレングリコール5g、エタノール8g、純水80gの溶液に分散させ、噴射用溶液とすることができる。

【0057】

以上の説明より明らかなように、本発明の電子源基板は、導電性薄膜となる元素あるいは化合物を含有する溶液をインクジェットの原理で空中を飛翔させ、基板上に液滴として付与して製作されるものであるが、高品位な表面伝導型電子放出素子を長期にわたって安定して形成するためには、その製造装置が安定して一定の性能を維持するものでなくてはならない。ここで、一番重要な点は噴射ヘッドの長期性能安定性である。前述のように、本発明では、導電性薄膜を形成するための材料を含有する溶液は、液体に金属微粒子を分散させた溶液である。

【0058】

しかしながら、この金属微粒子は溶液中に分散している砥粒のような存在であり、この溶液を大量使用した場合、噴射ヘッドの溶液の通り道を損傷させたり、摩耗させたりする

という問題がある。通り道の中でも、とりわけ吐出口部（ノズル部）のキズや、摩耗は溶液の液滴噴射性能に影響を及ぼすため問題となる。

【0059】

ところで、このキズや、摩耗は、2つの物体が互いにぶつかり合う、あるいは、こすれあう際に生ずるものであるから、互いの物体の硬さを適切に選ぶことにより、解決できるものと考えられる。また、キズについても、これが噴射ヘッドの液滴噴射性能に影響を及ぼすのは事実ではあるが、どのくらい影響を及ぼすのかは、キズの大きさと溶液の通り道の大きさによって決まると考えられる。たとえば、内径 $\Phi 15\text{ mm}$ ～ $\Phi 20\text{ mm}$ の放水用のホースにナノメートルオーダーのキズがあったとしても、放水流量に多大な影響を及ぼすことはあり得ない。

【0060】

本発明では、これらの点を考慮しながら、吐出口部の材質の硬さと、金属微粒子の材質の硬さならびに吐出口部の大きさを鋭意検討したものである。

具体的には、図6に示したような噴射ヘッドで、矩形のノズル部58の面にマルチノズルプレート貼り付けた噴射ヘッドを使用し、一定時間溶液噴射を行うことにより、吐出口部（ノズル孔部）にキズが生じるかどうか、また、溶液滴吐出性能の劣化により、形成される素子形状（ドットパターンの形状良否）、素子性能の劣化が生じるかどうかを調べた。マルチノズルプレートは、材料およびノズル径（ここでは丸形状とした）を変えたものを準備した。素子性能は、後述のフォーミング処理等を行った後、性能を調べた。

【0061】

使用した噴射ヘッドは、熱エネルギーを使用するサーマルインクジェット方式であり、前述のように、図6の噴射ヘッドに、ノズルプレートを装着したもの（ノズルプレートは図示せず）であるが、図6に示したものは、説明を簡単にするため吐出口を4個しか示していない。実際に使用したのは吐出口の数が64個で、その配列密度が400 dpiのものである。なお、図6において、50は噴射ヘッド、51は発熱体基板、52は蓋基板、53はシリコン基板、54は個別電極、55は共通電極、56は発熱体、57は溶液流入口、58はノズル、59は溝部、60は凹部領域で、図6（A）は噴射ヘッドの斜視図、図6（B）は発熱体基板51と蓋基板52とを分解した分解図、図6（C）は蓋基板52を裏側から見た斜視図である。

【0062】

また、発熱体の大きさは、 $22\text{ }\mu\text{ m} \times 90\text{ }\mu\text{ m}$ で、その抵抗値は $111\text{ }\Omega$ であり、液滴噴射の駆動電圧は24 V、駆動パルス幅は $6.5\text{ }\mu\text{ s}$ 、駆動周波数は12 kHzとした。

噴射は100時間連続噴射とし、噴射後吐出口部分をSEM観察して、キズの有無を調べた。

【0063】

吐出口径は、 $\Phi 25\text{ }\mu\text{ m}$ （H1）、 $\Phi 16\text{ }\mu\text{ m}$ （H2）、 $\Phi 10\text{ }\mu\text{ m}$ （H3）のものを用意した。比較参考例として、吐出口径が $\Phi 36\text{ }\mu\text{ m}$ のもの（参考ヘッド）も用意した。この場合は、吐出口の数が48個で、その配列密度が240 dpiのものである。そして、この発熱体の大きさは $35\text{ }\mu\text{ m} \times 150\text{ }\mu\text{ m}$ で、その抵抗値は $120\text{ }\Omega$ であり、インク噴射の駆動電圧は30 V、駆動パルス幅は $7\text{ }\mu\text{ s}$ 、駆動周波数は3.8 kHzとした。ノズルプレートの厚さは、H1、H2は $30\text{ }\mu\text{ m}$ とし、H3は $20\text{ }\mu\text{ m}$ 、参考ヘッドは $40\text{ }\mu\text{ m}$ とした。噴射時の液滴の速度は、いずれの噴射ヘッドの場合も約 8 m/s とした。

【0064】

ノズルプレート材質は、Niとオーステナイト系ステンレスSUS304とし、Ni材質のものはエレクトロフォーミング法でマルチノズルプレートを製作し、SUS304材質のものは、ステンレス箔に放電加工によってノズル孔を穿孔した。それぞれ硬度をビッカース硬度計で測定したところ、Ni材質の場合はビッカース硬度Hvが58～63、SUS304材質のものはビッカース硬度Hvが170～190であった。

【0065】

使用した液体は、表1に示すS1からS7であり、それぞれ含有金属粒子の元素名と、

そのバルク状態におけるビッカース硬度 H_v を示した。なお、このビッカース硬度 H_v は、金属データブック（日本金属学会編、改定3版、出版：丸善）の値を掲載した。それぞれの溶液における金属微粒子含有量は約7%とし、また微粒子径は $150 \text{ \AA} \sim 200 \text{ \AA}$ であった。

【0066】

【表1】

| サンプル記号 | 含有金属微粒子 | ビッカース硬度 H_v |
|--------|---------|---------------|
| S1 | Pd | 38 |
| S2 | Pt | 39 |
| S3 | Ru | 350 |
| S4 | Ag | 26 |
| S5 | Zn | 45 |
| S6 | W | 360 |
| S7 | Pb | 37 |

【0067】

これらのサンプル溶液および噴射ヘッドを使用して評価した結果を表2～表5に示す。表中、キズの○は100時間噴射後に、目立ったキズが確認できなかったもの、×はノズル形状、あるいは寸法にまでも影響をおよぼすような多数のすりキズが存在したものである。素子形状の○は100時間噴射後に、素子を作製した際の、ドットパターンが、狙いの位置（一对の電極間）に良好な丸い形状で形成されたものであり、×は位置がやや狙いの場所から外れていたり、形状がいびつであったり、微小滴が周囲に飛散していたりしたものである。素子性能の○×は後述のフォーミング処理等を行った後の電子放出の良（○）否（×）である。

【0068】

【表2】

出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ の場合

| 吐出口材質 Ni | | | | 吐出口材質 SUS304 | | |
|----------|----|------|------|--------------|------|------|
| | キズ | 素子形状 | 素子性能 | キズ | 素子形状 | 素子性能 |
| S1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S3 | × | × | × | × | × | × |
| S4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S5 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S6 | × | × | × | × | × | × |
| S7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【0069】

【表 3】

吐出口径 $\Phi 16 \mu\text{m}$ の場合

| | 吐出口材質 Ni | | | 吐出口材質 SUS304 | | |
|----|----------|------|------|--------------|------|------|
| | キズ | 素子形状 | 素子性能 | キズ | 素子形状 | 素子性能 |
| S1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S3 | × | × | × | × | × | × |
| S4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S5 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S6 | × | × | × | × | × | × |
| S7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【0070】

【表 4】

吐出口径 $\Phi 10 \mu\text{m}$ の場合

| | 吐出口材質 Ni | | | 吐出口材質 SUS304 | | |
|----|----------|------|------|--------------|------|------|
| | キズ | 素子形状 | 素子性能 | キズ | 素子形状 | 素子性能 |
| S1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S3 | × | × | × | × | × | × |
| S4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S5 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S6 | × | × | × | × | × | × |
| S7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【0071】

【表 5】

吐出口径 $\Phi 36 \mu\text{m}$ の場合 (参考ヘッド)

| | 吐出口材質 Ni | | | 吐出口材質 SUS304 | | |
|----|----------|------|------|--------------|------|------|
| | キズ | 素子形状 | 素子性能 | キズ | 素子形状 | 素子性能 |
| S1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S3 | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| S4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S5 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| S6 | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| S7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

【0072】

以上の結果より、含有金属微粒子の硬度が、吐出口材質より大であるもの (S3、S6) の場合、吐出口に傷がつくことがわかる。また、それによって形成された素子形状は悪く、素子性能も悪いことがわかる。よって、本発明のような製造装置によって、このような表面伝導型電子放出素子を形成する場合には、金属微粒子は吐出口を構成する部材よりやわらかい材料を選ぶ必要があることがわかる。

【0073】

なお、そのキズに関しては、吐出口の大きさとの関係で、素子形状が悪くならないものもある。参考ヘッドのように、吐出口径が $\Phi 36 \mu\text{m}$ もある (=面積が約 $1000 \mu\text{m}^2$)

）ような場合には、キズはついても吐出口径が大きいために、噴射性能を劣化に至らしめるほどのキズではなく、十分に使用可能な素子形状が得られている。一方、吐出口径が $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下（＝面積が約 $500\mu\text{m}^2$ 未満）の場合のように、面積比較で参考ヘッドの半分以下のような場合には、同じようにキズがついても、吐出口径との比較において与える影響は大であり、良好な素子形状、素子性能が得られないことがわかる。

【0074】

つまり、それほど微細な表面伝導型電子放出素子を形成しないのであれば、キズの問題は素子性能に影響を与えないので気にすることはないが、本発明のように、吐出口径 $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下の液滴噴射ヘッドにより、 10\AA ないし 200\AA の金属微粒子を含有する溶液を噴射付与し、導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子群を形成するような場合には、吐出口部のキズは、素子性能にとって致命的であるので、キズができないような溶液および吐出口部材の組み合わせを選ぶ必要がある。すなわち、金属微粒子は吐出口を構成する部材よりやわらかい材料とする必要がある。

【0075】

なお、実験では、丸形状の $\Phi 25\mu\text{m}$ ノズル（面積が約 $490\mu\text{m}^2$ ）、 $\Phi 16\mu\text{m}$ ノズル（面積が約 $200\mu\text{m}^2$ ）、 $\Phi 10\mu\text{m}$ ノズル（面積が約 $80\mu\text{m}^2$ ）を使用したか、噴射ヘッドのノズルとして他の形状（たとえば矩形等）のものを使用する場合には、その面積比較をすればよく、たとえば、 $22\mu\text{m}\times 22\mu\text{m}$ のノズルが、本発明の丸形状の $\Phi 25\mu\text{m}$ ノズルと同等である。言い換えるならば、本発明は、面積が $500\mu\text{m}^2$ 未満のノズルを使用した噴射ヘッドで、このような溶液を噴射して表面伝導型電子放出素子群を形成する場合に適用されるものである。

【0076】

次に、本発明の他の特徴について説明する。前述のように、本発明では、導電性薄膜を形成するための材料を含有する溶液は、液体に金属微粒子を分散させた溶液である。そして、いわゆる、インクジェット噴射原理と同等の技術でその溶液を微細な吐出口から噴射して、基板上に導電性薄膜を形成する技術に関するものである。しかしながら、従来インクジェット記録分野で使用しているインクでは染料が溶液中に溶解しているのに対して、本発明で使用する溶液は金属微粒子は溶液中に分散しているだけなので、目詰まりが起りやすい。

【0077】

さらに、本発明では、必要とされる素子（電子放出素子）の用途から、従来にはない微細な吐出口径、例えば、吐出口径が $\Phi 25\mu\text{m}$ 以下（面積でいうならば $500\mu\text{m}^2$ 未満）であるような噴射ヘッドを使用しなければならず、この目詰まりは大変深刻な問題である。

【0078】

ところで、目詰まりとは、微細な吐出口から溶液が噴射するという原理そのものに由来するものである。つまり、吐出口が微細であるがゆえに生じるものである。よって、その吐出口の大きさと、いわば溶液中の異物とでもいふべき金属微粒子の大きさには密接な関係がある。

【0079】

本発明は、この点に鑑み、吐出口の大きさと金属微粒子の大きさに着目し、目詰まりの生じにくさとそれらの関係を見い出したものである。具体的には、金属微粒子径を変えた溶液を調合し、吐出口の大きさがわかっている噴射ヘッドを使用し、一定時間液滴噴射を行った後、一定時間放置し、液滴噴射を再開し、吐出口の目詰まりの有無を調べた。その場合、吐出口の完全閉塞だけではなく、部分的な目詰まりおよびそれに至る事前の兆候（わずかな目詰まり）も目詰まりとみなしてテストした。

【0080】

使用した噴射ヘッドは、熱エネルギーを使用するサーマルインクジェット方式と同等のものであり、前述のように、図6の噴射ヘッドに、ノズルプレートを装着したもの（ノズルプレートは図示せず）であるが、図6に示したものは、説明を簡単にするため吐出口を

4 個しか示していない。実際に使用したのは吐出口の数が 128 個で、その配列密度が 600 dpi のものである。また、発熱体の大きさは $20\mu\text{m} \times 85\mu\text{m}$ で、その抵抗値は 105Ω であり、液滴噴射の駆動電圧は 22 V、駆動パルス巾は $6\mu\text{s}$ 、駆動周波数は 14 kHz とした。なお、記録ヘッドは H1～H4 まで用意した（それぞれの吐出口径を $H1 = \Phi 25\mu\text{m}$ 、 $H2 = \Phi 20\mu\text{m}$ 、 $H3 = \Phi 15\mu\text{m}$ 、 $H4 = \Phi 10\mu\text{m}$ とした）。また、そのノズルプレートは Ni のエレクトロフォーミングによって形成したものであり、吐出口部分の板厚は、全て $30\mu\text{m}$ とした。

【0081】

使用した溶液は、パラジウム微粒子を電圧 60 V、周波数 50 Hz、酸素流量 40 ml/min のオゾン発生装置でオゾン処理し、その処理済みのパラジウム微粒子 7 g をエチレングリコール 5 g、エタノール 8 g、純水 80 g の溶液に分散させ、噴射用溶液としたものであるが、パラジウム微粒子径を $0.0003 \sim 0.5\mu\text{m}$ まで変えたものを準備し、吐出口径の異なる H1～H4 と組み合わせてテストした。また、一定時間（10 分間とした）液滴噴射を行った後の放置の条件は、温度 40°C 、湿度 30% の雰囲気中で 10 時間放置である。

【0082】

これらのパラジウム微粒子径を変えた溶液と吐出口径を変えたヘッド H1～H4 を組み合わせて、目詰まりの発生状況を調べた結果を表 6～表 9 に記す。

【0083】

表 6 はヘッド H1（吐出口径 $D_o = \Phi 25\mu\text{m}$ ）の場合、表 7 はヘッド H2（吐出口径 $D_o = \Phi 20\mu\text{m}$ ）の場合、表 8 はヘッド H3（吐出口径 $D_o = \Phi 15\mu\text{m}$ ）の場合、表 9 はヘッド H4（吐出口径 $D_o = \Phi 10\mu\text{m}$ ）の場合を示す。判定の○は実用的に良好に使用できる場合、△は使うことは可能であるがあまり好ましくない場合、×は全く実用的ではない場合を示している。なお、パラジウム微粒子径が $0.001\mu\text{m}$ 以下の場合には、安定的に分散させることができなくて、評価はできなかった。

【0084】

【表 6】

ヘッド H1（吐出口径 $D_o = \Phi 25\mu\text{m}$ ）の場合

| 溶液 | パラジウム微粒子径 $D_p (\mu\text{m})$ | D_p / D_o | 目詰まり状況 目詰まり吐出口数 / 全吐出口数 | 判定 |
|----|----------------------------------|-------------|----------------------------|----|
| 1 | 0.0003 | 0.000012 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 2 | 0.0005 | 0.00002 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 3 | 0.001 | 0.00004 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 4 | 0.002 | 0.00008 | 0 / 128 | ○ |
| 5 | 0.004 | 0.00016 | 0 / 128 | ○ |
| 6 | 0.006 | 0.00024 | 0 / 128 | ○ |
| 7 | 0.009 | 0.00036 | 0 / 128 | ○ |
| 8 | 0.02 | 0.0008 | 0 / 128 | ○ |
| 9 | 0.05 | 0.002 | 0 / 128 | ○ |
| 10 | 0.07 | 0.0028 | 0 / 128 | ○ |
| 11 | 0.1 | 0.004 | 0 / 128 | ○ |
| 12 | 0.15 | 0.006 | 0 / 128 | ○ |
| 13 | 0.2 | 0.008 | 0 / 128 | ○ |
| 14 | 0.25 | 0.01 | 0 / 128 | ○ |
| 15 | 0.3 | 0.012 | 13 / 128（部分閉塞） | △ |
| 16 | 0.5 | 0.02 | 20 / 128（完全閉塞） | × |

【0085】

【表 7】

ヘッド H 2 (吐出口径 $D_o = \Phi 20 \mu m$) の場合

| 溶液 | パラジウム微粒子径 $D_p (\mu m)$ | D_p / D_o | 目詰まり状況 目詰まり吐出口数 / 全吐出口数 | 判定 |
|----|----------------------------|-------------|----------------------------|----|
| 1 | 0.0003 | 0.000015 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 2 | 0.0005 | 0.000025 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 3 | 0.001 | 0.00005 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 4 | 0.002 | 0.0001 | 0 / 128 | ○ |
| 5 | 0.004 | 0.0002 | 0 / 128 | ○ |
| 6 | 0.006 | 0.0003 | 0 / 128 | ○ |
| 7 | 0.009 | 0.00045 | 0 / 128 | ○ |
| 8 | 0.02 | 0.001 | 0 / 128 | ○ |
| 9 | 0.05 | 0.0025 | 0 / 128 | ○ |
| 10 | 0.07 | 0.0035 | 0 / 128 | ○ |
| 11 | 0.1 | 0.005 | 0 / 128 | ○ |
| 12 | 0.15 | 0.0075 | 0 / 128 | ○ |
| 13 | 0.2 | 0.01 | 0 / 128 | ○ |
| 14 | 0.25 | 0.0125 | 7 / 128 (部分閉塞) | △ |
| 15 | 0.3 | 0.015 | 41 / 128 (完全閉塞) | × |
| 16 | 0.5 | 0.025 | 63 / 128 (完全閉塞) | × |

【0086】

【表 8】

ヘッド H 3 (吐出口径 $D_o = \Phi 15 \mu m$) の場合

| 溶液 | パラジウム微粒子径 $D_p (\mu m)$ | D_p / D_o | 目詰まり状況 目詰まり吐出口数 / 全吐出口数 | 判定 |
|----|----------------------------|-------------|----------------------------|----|
| 1 | 0.0003 | 0.00002 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 2 | 0.0005 | 0.000033 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 3 | 0.001 | 0.000067 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 4 | 0.002 | 0.000133 | 0 / 128 | ○ |
| 5 | 0.004 | 0.000267 | 0 / 128 | ○ |
| 6 | 0.006 | 0.0004 | 0 / 128 | ○ |
| 7 | 0.009 | 0.0006 | 0 / 128 | ○ |
| 8 | 0.02 | 0.00133 | 0 / 128 | ○ |
| 9 | 0.05 | 0.00333 | 0 / 128 | ○ |
| 10 | 0.07 | 0.00467 | 0 / 128 | ○ |
| 11 | 0.1 | 0.00667 | 0 / 128 | ○ |
| 12 | 0.15 | 0.01 | 0 / 128 | ○ |
| 13 | 0.2 | 0.0133 | 5 / 128 (部分閉塞) | △ |
| 14 | 0.25 | 0.0167 | 7 / 128 (完全閉塞) | × |
| 15 | 0.3 | 0.02 | 42 / 128 (完全閉塞) | × |
| 16 | 0.5 | 0.0333 | 77 / 128 (完全閉塞) | × |

【0087】

【表 9】

ヘッド H4 (吐出口径 $D_o = \Phi 10 \mu m$) の場合

| 溶液 | パラジウム微粒子径 $D_p (\mu m)$ | D_p / D_o | 目詰まり状況 目詰まり吐出口数 / 全吐出口数 | 判定 |
|----|----------------------------|-------------|----------------------------|----|
| 1 | 0.0003 | 0.00003 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 2 | 0.0005 | 0.00005 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 3 | 0.001 | 0.0001 | 溶液安定製造困難につき評価せず | — |
| 4 | 0.002 | 0.0002 | 0 / 128 | ○ |
| 5 | 0.004 | 0.0004 | 0 / 128 | ○ |
| 6 | 0.006 | 0.0006 | 0 / 128 | ○ |
| 7 | 0.009 | 0.0009 | 0 / 128 | ○ |
| 8 | 0.02 | 0.002 | 0 / 128 | ○ |
| 9 | 0.05 | 0.005 | 0 / 128 | ○ |
| 10 | 0.07 | 0.007 | 0 / 128 | ○ |
| 11 | 0.1 | 0.01 | 0 / 128 | ○ |
| 12 | 0.15 | 0.015 | 9 / 128 (部分閉塞) | △ |
| 13 | 0.2 | 0.02 | 5 / 128 (完全閉塞) | × |
| 14 | 0.25 | 0.025 | 23 / 128 (完全閉塞) | × |
| 15 | 0.3 | 0.03 | 69 / 128 (完全閉塞) | × |
| 16 | 0.5 | 0.05 | 128 / 128 (完全閉塞) | × |

【0088】

以上の結果より、吐出口径が $\Phi 10 \mu m \sim \Phi 25 \mu m$ の噴射ヘッドを用いた場合、パラジウム微粒子径 D_p と吐出口径 D_o とは、 $D_p / D_o \leq 0.01$ の関係を満足するようにすれば目詰まりのない安定した液滴噴射が得られることがわかる。なお、 D_p / D_o の下限値であるが、このように大変微細な金属微粒子を安定して、溶液中に分散することを考えると、パラジウム微粒子径 D_p が $0.001 \mu m$ 以下は困難である。また、吐出口径が $\Phi 25 \mu m$ 以下の噴射ヘッド全てに安定して液滴噴射させられるようにするには、余裕をみてその下限値を 0.0002 にすればよい。すなわち、金属微粒子径 D_p と吐出口径 D_o とは、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ の関係を満足するようにすれば、吐出口径が $\Phi 25 \mu m$ 以下の噴射ヘッドを使用した液滴噴射による導電性薄膜形成を行うことができる安定した分散液を製造でき、目詰まりも生じないようにすることができることがわかる。

【0089】

なお、この実験でも、丸形状の吐出口（ノズル）を使用したのが、前述のように、他の形状の場合は、その面積比較をすればよく、たとえば、 $22 \mu m \times 22 \mu m$ の矩形吐出口の場合は、本発明の丸形状の $\Phi 25 \mu m$ ノズルと同等である。言い換えるならば、本発明は面積が $500 \mu m^2$ 未満のノズルを使用した噴射ヘッドで、このような溶液を噴射して表面伝導型電子放出素子群を形成する場合に適用されるものである。

【0090】

また、実験は、サーマルジェット（バブルジェット（登録商標））方式の噴射ヘッドを使用したのが、本発明の製造装置に使用される噴射ヘッドは、これに限定されることなく、圧電素子を用いたピエゾジェット方式、静電力を利用した方式、あるいは荷電制御方式（連続流方式）等いずれのものでも構わない。

【0091】

例えば、圧電素子を用いたピエゾジェット方式の場合、ピエゾ素子への入力電圧をいつも一定にすることにより液滴飛翔時に丸い均一滴が得られ、基板上で良好な丸いドットが得られる。また、サーマルジェット方式のように熱を利用していないため、使用する溶液

が熱劣化するということなく、使用する溶液の制限が少ないというメリットがある。

【0092】

一方で、サーマルジェット方式の場合は、溶液の飛翔時に微小なサテライト滴を伴いながら飛翔するが、飛翔時の速度が速く（例えば $6\text{ m/s} \sim 18\text{ m/s}$ ）、安定した噴射飛翔が得られるというメリットがある。その結果、微小なサテライト滴も同様に高速（ $6\text{ m/s} \sim 18\text{ m/s}$ ）で飛翔し、基板上の同一箇所に付着し、高精度着弾位置を確保したドットが得られる。つまり、サーマルジェット方式の場合は、微小なサテライト滴が飛散しているように飛翔していても、発熱体への入力エネルギーをいつも一定にしてやれば、1ドットを形成するためのトータルの溶液量は同じ（同一箇所に付着するので）となり、ピエゾジェット方式の場合と同様に良好な丸いドットが得られ、高品位／高品質な電子放出素子が得られ、さらにその位置精度も高いものが得られる。

【0093】

図7は、本発明が好適に使用される膜沸騰気泡の成長作用力を利用して金属微粒子材料含有溶液を微小吐出口から噴射させるサーマルジェット方式の場合の噴射、飛翔時の溶液の形状を示したものである。図8、図9は、ピエゾ素子を液滴吐出の原動力とし、機械的作用力で噴射させるピエゾジェット方式の場合の噴射、飛翔時の溶液の形状を示したものである。

【0094】

図7と図8および図9の違いは、図7の場合が、溶液の一部を瞬時（数 $\mu\text{ s}$ の間）に $300 \sim 400^\circ\text{C}$ に加熱させ、膜沸騰気泡を発生させ、その気泡の瞬時（数 $\mu\text{ s}$ の間）の成長、圧力上昇（作用力）を利用して溶液を噴射するために、図8および図9に示すピエゾ素子を液滴吐出の原動力とし、機械的作用力で噴射させるピエゾジェット方式の場合よりも噴射圧力が高く、噴射速度も速いという点である。その結果、図7に示すように、飛翔時に、溶液の飛翔形状が飛翔方向に細長柱状に伸びる液滴42と、後方に複数の微小な42滴を伴って高速で飛翔するという特徴を持っている。たとえば、溶液飛翔時の形状は、通常安定した膜沸騰気泡を発生させて飛翔させた場合、飛翔方向に伸びた細長柱状の長さ l は、その直径 d の5倍以上の長さとなり、またその速度は、ほぼ $6\text{ m/s} \sim 18\text{ m/s}$ となって飛翔する。

【0095】

その結果、噴射が安定し噴射された溶液の基板上への着弾精度が高いという利点があるが、一方で、噴射ヘッドと基板の相対的な移動速度を適切に選ばないと、飛翔方向に細長柱状液滴42に伸びた後方部の溶液や、後方に連なった複数の微小な滴（サテライト微小滴）が、良好な丸いドット形成を妨げることもなる。

【0096】

本発明ではこの点に関して鋭意検討した結果、このような金属微粒子材料含有溶液の噴射を行う場合、その噴射速度と前記相対移動速度との間の関係を最適化することが必要であることに気がついた。

【0097】

ところで、このように吐出ヘッドユニット11を基板14に対して一定の距離を保ちながらX、Y方向の相対移動を行いつつ、金属微粒子材料含有溶液の噴射を行い、電子放出素子パターンを形成する場合には、溶液は前記相対速度と噴射速度の合成ベクトルの速度で基板14上に付着、形成される。そしてその位置精度については、基板14と吐出ヘッドユニット11の溶液噴射口面の距離と、前記合成ベクトルの速度を考慮し、噴射のタイミングを適宜選ぶことにより、その狙いの位置に溶液を付着させることができる。

【0098】

しかしながら、たとえ狙いの位置に付着させることができたとしても、もし、前記相対速度が速すぎる場合には、その相対速度に引きずられて付着溶液が基板14上で流れ、良好な丸いドット形状とならず、良好な電子放出素子パターンを形成できなくなる。また、後方に連なった複数の微小な滴（サテライト微小滴）が、本来付着すべき位置から外れた位置に、ランダムに散らばった状態で付着し、良好な丸いドット形成の妨げ、電子放出素

子性能の低下を引き起こす場合がある。本発明はこの点について検討したものである。

【0099】

以下に、検討結果の1例を示す。この例は、図3に示したような装置を用い、キャリッジ12のX方向移動速度、ならびに吐出ヘッドユニット11の噴射速度を変えて、基板14上で良好な溶液付着ができ、良好な電子放出素子パターン形成ができるかどうか調べたものである。

【0100】

図10にテストに使用したパターンの例を示す。ここでは、パラジウム微粒子含有溶液を噴射させ、2列の近接した素子電極2, 3 (ITO透明電極間) を、前記溶液によるドットパターン42をつなぎ合わせた電子放出素子パターンを形成し、そのパターンの形成状況を評価したものである。評価は、形成後のパターンを顕微鏡下で観察し、良/不良 (○/×) を判断した。図10 (A) は良 (○) であり、図10 (B) のように、個々のドットパターンが良好な丸い形状にならず、長円形になったり、基板上における着弾位置も本来の狙いの位置から外れたりして、隣のドットパターンと接触したりするようなものは不良 (×) である。さらに、ドットパターン42に起因する微小な滴が散在しているようなものも不良 (×) とした。

【0101】

このような形状の評価とあわせて、上下のITO透明電極間の抵抗値を測定し、ドット位置精度不良による断線あるいは隣 (左右) のドットとの接触による抵抗値変動などを評価した (○: 狙い通りの抵抗値、×: 狙いから外れた抵抗値)。

【0102】

実験条件の詳細を以下に示す。使用した基板はITO透明電極付きガラス基板であり、前述のパラジウム微粒子含有溶液 (ここでは、微粒子径が $0.01\mu\text{m}$ のものを使用) を図6に示した噴射ヘッド (ただし、 $\Phi 15\mu\text{m}$ の開口を設けたNiエレクトロフォーミング形成によるマルチノズルプレートを別途設けたもの) と組み合わせて、図10のような1対のITO透明電極2, 3を4ドットで埋めるようにパターンを形成した。また、隣に中心間距離 w を $25\mu\text{m}$ として、同様のITO透明電極およびITO透明電極間をつなぐ同様のパターンを形成している。

【0103】

使用した噴射ヘッドは前述のような噴射ヘッド (図6は、簡略化した4個のノズルを示している) であるが、ノズル (吐出口) 数を64個としている。また、その配列密度が 400dpi のものである。発熱体サイズは $10\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ であり、その抵抗値は 102Ω である。ヘッドの駆動電圧は 12V 、パルス幅は $3\mu\text{s}$ 、駆動周波数は 14kHz とした。噴射滴の体積はほぼ 3pl である。

【0104】

このような条件で、ガラス基板上に前述のようなパターン (図10) を形成し、形成後のパターン評価を行うとともに、それと同じ条件で、別途噴射実験を行い、吐出口から 3mm 先の溶液の噴射状況を観察した。これは図10のテストパターンを基板と吐出口間距離を 3mm として製作したからである。飛翔形態は図7に示したように、飛翔方向に非常に細長く伸びた柱状 ($l = 5d \sim 20d$) 42であった。また、飛翔滴後方に複数の微小な滴42を伴ったような状態であった。以下に検討結果を示す。

【0105】

【表 10】

| 実験 No. | 噴射速度 V_j (m/s) | キャリッジのX方向移動速度 V_c (m/s) | パターン形成状況 | 抵抗値 |
|-----------|---------------------|------------------------------|----------|-----|
| 1 | 6 | 1 | ○ | ○ |
| 2 | 6 | 2 | ○ | ○ |
| 3 | 6 | 3 | × | × |
| 4 | 6 | 4 | × | × |
| 5 | 6 | 6 | × | × |
| 6 | 6 | 8 | × | × |
| 7 | 6 | 10 | × | × |
| 8 | 6 | 12 | × | × |
| 9 | 9 | 1 | ○ | ○ |
| 10 | 9 | 2 | ○ | ○ |
| 11 | 9 | 3 | ○ | ○ |
| 12 | 9 | 4 | × | × |
| 13 | 9 | 6 | × | × |
| 14 | 9 | 8 | × | × |
| 15 | 9 | 10 | × | × |
| 16 | 9 | 12 | × | × |
| 17 | 12 | 1 | ○ | ○ |
| 18 | 12 | 2 | ○ | ○ |
| 19 | 12 | 3 | ○ | ○ |
| 20 | 12 | 4 | ○ | ○ |
| 21 | 12 | 6 | × | × |
| 22 | 12 | 8 | × | × |
| 23 | 12 | 10 | × | × |
| 24 | 12 | 12 | × | × |
| 25 | 18 | 1 | ○ | ○ |
| 26 | 18 | 2 | ○ | ○ |
| 27 | 18 | 3 | ○ | ○ |
| 28 | 18 | 4 | ○ | ○ |
| 29 | 18 | 6 | ○ | ○ |
| 30 | 18 | 8 | × | × |
| 31 | 18 | 10 | × | × |
| 32 | 18 | 12 | × | × |

【0106】

以上の結果より、キャリッジのX方向移動速度が、噴射速度の $1/3$ を超えると、良好な素子が形成できないことがわかる。なおこの例は、噴射ヘッドをキャリッジ走査した例であるが、図4のように噴射ヘッドを固定し、基板を移動させる場合にも適用される。すなわち、このようにサーマルジェット方式で噴射した場合は、噴射ヘッドと基板の相対的な移動速度は、噴射される溶液の速度の $1/3$ 以下にしなければならないということである。

【0107】

次に本発明のさらに他の特徴について説明する。本発明によって製作される電子源基板は、無数の微細金属微粒子、金属ナノ微粒子を溶液中に分散させてなる金属微粒子材料含有溶液をインクジェットの原理で空中を飛翔させ、基板上に液滴として付与して製作されるものであるが、高精度かつ高品位な性能をもつ電子源基板を製作するためには、基板上に金属微粒子材料含有溶液を噴射、付与して、微細なドットパターン形成を行う際の基板の表面粗さと金属微粒子の大きさを最適化しておく必要がある。

【0108】

たとえば、基板の表面粗さというのは、その表面の凹凸であるが、図11のように、基板1の表面1'の凹凸からはみ出すような大きさの粒子6が、基板1の表面1'に付着す

ると、良好なドットパターンが得られないであろう。一方で、図12のように、この凹凸以下の大きさの粒子7であれば、良好なドットパターンが得られるであろう。本発明ではこの点に鑑み、あらかじめ表面粗さのわかっている基板1上に、サイズの異なる金属微粒子を含有させた溶液によって、ドットパターン42を形成し、その形成されたパターンの良否を評価した。

【0109】

実験は、パイレック（登録商標）スガラスを研磨し、その表面粗さが $0.01\text{ s} \sim 0.02\text{ s}$ となるようにし、その研磨された基板上に前述のパラジウム微粒子含有溶液（ここでは、微粒子径が $0.002\text{ }\mu\text{m} \sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$ のものを使用）を、図6に示したような液滴噴射の原動力を溶液中で瞬時に発生する膜沸騰気泡の成長作用力によるサーマルジェット方式（バブルジェット（登録商標）方式）の液体噴射ヘッドと組み合わせて噴射させ、ドットをつなぎあわせたパターンを形成し、そのパターンの滑らかさを顕微鏡下で観察し、官能評価し、良～可～不良（○～△～×）を判断した。

【0110】

なお、ここでは、図6のように流路がそのままノズル58となる形式のものではなく、ノズル58面に別途ノズル孔を穿孔したノズルプレート設けた構造とした噴射ヘッドを使用した。またそのノズルは、Niのエレクトロフォーミングにより形成した丸形状のノズルであり、大きさは $\Phi 15\text{ }\mu\text{m}$ 、開口部分の板厚を $13\text{ }\mu\text{m}$ としたものである。

【0111】

また、ノズル数は64個、配列密度を400 dpiとしたものである。発熱体サイズは $10\text{ }\mu\text{m} \times 40\text{ }\mu\text{m}$ であり、その抵抗値は $100\text{ }\Omega$ である。ヘッドの駆動電圧は12Vであり、パルス幅は $3\text{ }\mu\text{s}$ 、駆動周波数は14 kHzとした。この条件で噴射される1滴の液滴量は約3 p lである。

【0112】

形成したパターンは、図10に示すように、パイレックス（登録商標）ガラス上に、上下に $20\text{ }\mu\text{m}$ の間隔に形成したITO透明電極2, 3間に縦方向に1列で、約 $\Phi 18\text{ }\mu\text{m}$ のドットを約 $8\text{ }\mu\text{m}$ ピッチで4個打ち込んだものである。

【0113】

なお、ドット間ピッチ $8\text{ }\mu\text{m}$ を得るために、噴射ヘッドと基板を相對運動させ（ここでは、基板固定、噴射ヘッドをキャリッジ走査）、その位置を μ オーダーで制御し、また、噴射のタイミングをコントロールして、上記のように約 $8\text{ }\mu\text{m}$ ピッチによるドット付着を行った。また、隣に中心間距離を $25\text{ }\mu\text{m}$ として、同様のITO透明電極2, 3およびITO透明電極2, 3間をつなぐ同様のパターンを形成している。

【0114】

このような条件で、ガラス基板上に前述のようなパターン（図10）を形成し、形成後のパターン評価を行うとともに、それと同じ条件で、別途噴射実験を行い、吐出口から3 mm先の溶液の噴射状況を観察した。これは図10のテストパターンを基板と吐出口間距離を3 mmとして製作したからである。飛翔形態は図7に示したように、飛翔方向に非常に細長く伸びた柱状（ $l = 5d \sim 20d$ ）であった。また、飛翔滴後方に複数の微小な滴を伴ったような状態であった。

【0115】

なお、前述のように、パラジウム微粒子含有溶液は、微粒子径が $0.002\text{ }\mu\text{m} \sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$ まで異なるものをそれぞれ準備して使用した（溶液Noは共通である）が、微粒子径が $0.02\text{ }\mu\text{m}$ 以上の場合には、ノズル目詰まりが発生し始めるので、形成したパターンのうち、目詰まりが生じなくて、良好にパターン形成されたもののみを選別して評価を行った。以下に結果を示す。

【0116】

【表 11】

| 溶液 No. | パラジウム微粒子径 D _p (μm) | 判定 |
|-----------|----------------------------------|----|
| 5 | 0.002 | ○ |
| 6 | 0.004 | ○ |
| 7 | 0.006 | ○ |
| 8 | 0.009 | ○ |
| 9 | 0.02 | △ |
| 10 | 0.05 | × |
| 11 | 0.07 | × |
| 12 | 0.1 | × |
| 13 | 0.15 | × |
| 14 | 0.2 | × |

【0117】

以上の結果より、溶液に含有される金属微粒子は、基板のパターンが形成される面の表面粗さ以下の大きさとするにより、滑らかで良好かつ高精度なドットパターンが形成でき、良好な電子放出素子ができることがわかる。一方で微粒子の大きさをそれより大きくすると、ドットパターン形状の滑らかさが損なわれ、良好な電子放出素子ができないことがわかる。

【0118】

言い換えるならば、滑らかな良好なパターン形成を行い、良好な電子放出素子を得るためには、基板のパターンが形成される面の表面粗さは溶液に含有される金属微粒子の大きさより粗くすればよいわけであるが、粗いとはいっても、本発明に使用される金属微粒子は大変微細なナノ微粒子であるため、その基板の表面粗さは視覚的には鏡面状態であり、基板を高精度に研磨する必要がある。あるいは、基板の表面にSiO₂等の薄膜を形成したような基板を使用する場合においても、その薄膜形成時（例えばスパッタリング等によって形成される）にも、表面のなめらかなSiO₂面を得るには、時間をかけて丁寧に膜形成を行う必要がある。すなわち、基板製造コストが高いということである。

【0119】

ところで、本発明の電子源基板は、基板の片面にパターンを形成する構造のものであることを考慮すると、パターンを形成する面のみ、なめらかな面となった基板を使用すればよいことがわかる。つまり、基板の表面（パターンを形成する面）のみ、前述のような表面粗さとし、裏面はそれより粗い面にしても十分事足りる。

【0120】

言い換えるならば、本発明では基板のパターンを形成する面より裏面の表面粗さを粗くするようにした基板を用いることにより、高精度な電子放出素子が形成された電子源基板が得られるとともに、基板製造コストを低くすることができるということである。例えば、おもて面（パターンを形成する面）より裏面粗さを1桁粗くする（例えばおもて面を0.01s～0.02sとした場合、裏面を0.1s～0.2sとする）だけで、基板製作コストは大幅に下がる。さらに、それ以上粗くすれば、実質的にはほとんどおもて面を良好な面とするだけのコストとなり、表裏両面を高精度に研磨した基板の半分近い製作コストとすることができる。ただし、裏面粗さの上限であるが、いくらでもよいということではなく、一定の水準の工業製品としての品質を維持する必要がある。

【0121】

次に、本発明のさらに他の特徴について説明する。前述のように、本発明は、金属微粒子を溶液中に分散させてなる金属微粒子材料含有溶液をインクジェットの原理で空中を飛翔させ、基板上に付与してパターンを形成し、電子放出素子を製作するものであるが、溶液噴射、付与後の液滴あるいは溶液によって形成されるドットパターン中の揮発成分が揮発後の固形分が残留することによってできる電子放出部のパターンの厚さが、高品位な電

子放出素子を得るためには重要となる。例えば、電子放出素子を形成する基板は、ある表面粗さを持っているが、良好な電子放出素子を得るためには、パターンの厚さとこの表面粗さ、すなわち、表面の凹凸との関係を適切に選ぶ必要がある。以下に検討結果を示す。

【0122】

実験は、その表面粗さが異なるパイレックス（登録商標）ガラス基板を用意し、そこに1対の素子電極を形成したものに、パラジウム微粒子含有溶液を前述のH3噴射ヘッド（ノズル径 $\Phi 15\mu\text{m}$ ）と組み合わせて噴射させ、ドットをつなぎあわせたパターンを形成し、それを後述のフォーミング処理を行って素子を作成し、実際に良好に機能するかどうか（良好な電子放出が得られる…○、電子放出が得られない…×）を評価した。

【0123】

なお、パターン膜厚を変えるために、溶液は、前述のNo. 6の溶液（パラジウム微粒子径 $D_p = 0.006\mu\text{m}$ ）を純水により2～50倍に希薄して使用した。その結果、噴射、付与によりパターンが形成され、乾燥して固形分が残留した後のパターン膜厚の異なる電子放出素子を形成することができた。

【0124】

実験条件の詳細を以下に示す。パターンは縦方向に1列で、約 $\Phi 18\mu\text{m}$ のドットを約 $8\mu\text{m}$ ピッチで4個打ち込んだものである。

噴射ヘッドと基板は相対運動（ここでは、基板固定、噴射ヘッドをキャリッジ走査）を行い、その制御を μ オーダーで制御し、また噴射のタイミングをコントロールし、上記のように約 $8\mu\text{m}$ ピッチによるドット付着を行った。

使用した噴射ヘッドのノズルの大きさは $\Phi 15\mu\text{m}$ 、開口部分の板厚は $13\mu\text{m}$ としたものであり、ノズル数は64個、配列密度を400dpiとしたものである。発熱体サイズは $10\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ であり、その抵抗値は 100Ω である。ヘッドの駆動電圧は12Vであり、パルス幅は $3\mu\text{s}$ 、駆動周波数は14kHzとした。この条件で噴射される1滴の液滴量は約3plである。以下に結果を示す。

【0125】

【表12】

| No. | 基板表面粗さ(s) | パターン厚さ(μm) | 判定 |
|-----|-----------|-------------------------|----|
| 1 | 0.02 | 0.005 | × |
| 2 | 0.02 | 0.01 | × |
| 3 | 0.02 | 0.02 | ○ |
| 4 | 0.02 | 0.05 | ○ |
| 5 | 0.02 | 0.1 | ○ |
| 6 | 0.05 | 0.01 | × |
| 7 | 0.05 | 0.02 | × |
| 8 | 0.05 | 0.05 | ○ |
| 9 | 0.05 | 0.1 | ○ |
| 10 | 0.05 | 0.5 | ○ |
| 11 | 0.1 | 0.02 | × |
| 12 | 0.1 | 0.05 | × |
| 13 | 0.1 | 0.1 | ○ |
| 14 | 0.1 | 0.5 | ○ |
| 15 | 0.1 | 1 | ○ |

【0126】

以上の結果より、本発明の原理によって形成される電子放出素子は、その電子放出部の前記パターンの厚さを基板の表面粗さ以上の厚さとなるようにすることにより、良好な電子放出素子が得られることがわかる。

【0127】

ところで、このような丸いドットパターンを組み合わせる電子放出素子を形成する場合、良好な電子放出素子として機能するには、良好な丸いドットパターンのみならず、それ

らを組み合わせて形成されるパターンもその形状が良好である必要がある。

【0128】

図13を使って説明する。図13は、基板上に形成されている2つのITO透明電極2, 3間に本発明の原理によって、金属微粒子を分散させた溶液を噴射し、丸いドットパターン42を形成し、電子放出素子を形成する場合の模式的な図である。図中、 L_d は基板上にドットを単独で形成した場合のドット径であり、 P_d は隣接ドットの中心間距離（ドットピッチ）である。

【0129】

図13(A)は、2つのITO透明電極2, 3間に3つのドット42を形成した場合であるが、形成（打ち込み）密度があらすぎて2つのITO透明電極2, 3間を電氣的に接続されない場合（ $P_d > L_d$ ）であり、この場合はいうまでもなく良好な素子として機能しない。図13(B)は、各ドット42が周辺部でかろうじて電氣的に接続されている例である（ $P_d = L_d$ ）。図13(C)は、図13(B)の場合よりも、各ドットが周辺部で互いに重なり合って電氣的に接続されている例である（ $P_d < L_d$ ）。図13(D)、(E)はさらに重なり合う領域が大である場合である。

【0130】

ここで、単に電氣的接続が得られるかどうかという観点から見ると、図13(A)は論外として、図13(B)～図13(E)の場合は一応接続できている。しかしながら、図13(B)や(C)の場合、丸いドットを横1列に組み合わせて形成された1本のラインパターンとしてみると、隣接ドット間（ドットが重なりあう領域）で、ラインパターン幅（図の縦方向の幅）が狭くなり、断線の危険性が高くなる。例えば、図13(B)のように、各ドットが周辺部でかろうじて接続されているような場合は、一応は接続されているが、電気信号入力と同時に断線してしまい全く使いものにならない。また図13(C)の場合においても同様の理由で、使用し始めの初期は使えても、長期的な使用には耐えない。

【0131】

本発明では、これを解決するために、このような隣接ドット間に確実に1ドット以上重ねるようにしている。仮に図13(B)の場合のように、各ドット42が周辺部でかろうじて接続されているような場合であっても、隣接ドット間の中央に1ドット重ねて形成すれば、その1ドットがない場合にラインパターン幅が最小値となる領域に1ドット重ねるので、その領域のラインパターン幅は、最大値、すなわち1ドット分の幅（ L_d ）となる。

【0132】

このように隣接ドット間の中央に1ドット重ねて形成する条件は、別の表現をするならば、ドットを単独で形成した場合のドット径を L_d とする時、 $L_d/2$ 以下の密度で打ち込んで形成することである。

【0133】

また、このようにすると、断線が生じない長期の信頼性に優れたラインパターンが形成できるのみならず、ラインパターンの輪郭も凹凸の少ないなめらかなものとなる。これは、図13(B)、(C)のように、丸いドットが電氣的接続が得られる密度で打ち込まれているのみで、隣接ドット間に間を埋めるためのドットがない場合と、図13(D)、(E)のように、すでに電氣的接続が得られる密度に加えて、隣接ドット間に間を埋めるためのドットを1ドット以上重ねて設けた場合を比較すれば、明白である。後者のほうがラインパターンの輪郭も凹凸の少ないなめらかなものとなり、ばらつきの少ない優れた電子放出素子が得られる。

【0134】

なお、本発明は、図13に示すように、最終的な電子放出素子のラインパターンが、液滴のドットを1列に配列して形成するような場合に適用されるものである。

例えば、本発明の製造装置によって図14に示すようなラインパターンも形成される。この場合は、横方向に1列にドットを配列したものを3本ならべて比較的太いライン幅を

得るようにした例である。また、この例は、図13(C)の配列例で3本ならべて太いラインパターンが得られるようにしたものである。つまり、1本だけでは断線が生じる場合の例である。

【0135】

しかしながら、このように3本(2本であってもよい)ならべているため、断線は生じることなく良好に機能する。よって、このように複数本(この例では3本)ならべたような場合には、丸いドットが電氣的接続が得られる密度で打ち込まれているのみで、隣接ドット間に間を埋めるためのドットがなくても、縦方向(ラインパターン幅方向)に複数本ならべているので断線の危険性はない。

【0136】

すなわち、本発明のように、隣接ドット間に間を埋めるためのドットを1ドット以上重ねて設けるという条件は、より微細な電子放出素子を形成するために液滴あるいは溶液のドットを1列に配列して形成するような場合に適用しなければならない条件である。

【0137】

なお、2つの電極はITO透明電極の例で実験、説明しているが、必ずしもITOに限定されるものではなく、Al、Au、Cu等の材料も好適に使用できる。

【0138】

次に、本発明のさらに他の特徴について説明する。本発明は、電子放出素子を製作する技術であるが、形成される電子放出素子部は、通常は基板上に先に形成されている一対の電極パターンの上に金属微粒子材料含有溶液を噴射し、丸いドットパターンを形成し、電子放出素子を形成する。ここで重要なことは、先に形成されているパターンの上に新たに金属微粒子材料含有溶液を噴射し、そのパターンと先の電極パターンとの電氣的接続を行う際の品質である。図15を使って説明する。

【0139】

図15は、基板上に形成されている2つのITO透明電極2、3間に本発明の原理によって、金属微粒子材料含有溶液を噴射し、丸いドットパターン42を形成し、電子放出素子を形成する場合の模式的な図である。図中、 L_d は基板上にドットを単独で形成した場合のドット径である。

【0140】

図15(A)は、2つのITO透明電極間に金属微粒子材料含有溶液を噴射しドットパターンを形成した場合であるが、2つのITO透明電極2、3間は、ドットパターンの左右端部においてちょうど電氣的に接続されている例である。図15(B)は、図15(A)の場合よりも、各ドットが周辺部で互いに重なり合って電氣的に接続されている例であり、重なり領域の長さを L_c で現している。図15(C)、(D)はさらに重なり合う領域 L_c が大である場合である。

【0141】

ここで、単に電氣的接続が得られるかどうかという観点から見ると、図15(A)～(D)の場合、すべて一応接続できている。しかしながら、図15(A)や(B)の場合、一応は接続されているが、電気信号入力と同時に断線してしまう。あるいはすぐには断線しなくても接続部の接触抵抗が高すぎて異常発熱し、またそれが原因となって長期的信頼性がなく、いずれ断線にいたるという不具合があり、本来の性能を発揮できない。

【0142】

本発明ではこれを解決するために、このような接続領域において、基板上に先に形成されているパターンに対して、あとから金属微粒子材料含有溶液を噴射しドットパターンを形成する際に、図15(C)、(D)のように、端部のドットを1つのドットの半分以上、先に形成されているパターンの上に覆いかぶせるように打ち込み、形成するようにしている。別の表現をするならば、ドット42を単独で形成した場合のドット径を L_d とする時、 $L_d/2 \leq L_c$ となるように L_d と L_c の関係が満たされるような、噴射口の大きさ(溶液噴射量)および打ち込み方法とする。

【0143】

他の例で説明する。図16、図17の例は一对の電極2, 3とこれらの電極2, 3との間の電子放出部が、図15のように一直線上に配列されているのではなく、電子放出部で直交するようなパターン配列の例としたが、必ずしもこのようなパターン配列に限定されるものではなく、図15に示したような構成であってもよいことはいうまでもない。

【0144】

図16は、基板上に形成されている2つのITO透明電極パターンである。このパターンは、スパッタリングならびにエッチングといういわゆるフォトリソグラフィ技術によって形成した。これに図17に示すように、パラジウム微粒子含有溶液を約 $\Phi 12\mu\text{m}$ のドット径が得られるようにした噴射ヘッドを用い、その中心間距離（ドットピッチ）を約 $3\mu\text{m}$ ずつずらして重ね打ちし、ドットパターン42を形成した。この場合、ITO透明電極パターンとの重なり領域の距離を約 $13\mu\text{m}$ （Lcx）と $8\mu\text{m}$ （Lcy）とし、1つのドット径の半分以上重ねて接続した。その結果、長期にわたり断線することなく安定したパターンが得られている。

【0145】

図18は、他の例である。この場合は、先に形成されている素子電極パターン2, 3も、本発明の金属微粒子材料含有溶液噴射によるドットパターン42によって形成したものである。この場合は、金属微粒子としてAgを使用した。この場合も、図19に示したように、あとから形成するドットパターンの重なり領域（Lcx、Lcy）を、そのドットのドット径の半分以上重なるようにして接続した。

【0146】

なお、この例は、先のドットパターン42とあとのドットパターン42が同じドット径となる例で示しているが、これらは必要に応じて異なるドット径のパターンにしてもよい。特に、細い配線ラインではなく、デバイスの構成上大面積先のパターンを形成するような場合には、大きいノズル径を有する噴射ヘッドによって大きなドット径を得られるようにしたほうが効率的である。

【0147】

また、ここで、2つの素子電極はITO透明電極の例で実験、説明しているが、必ずしもITOに限定されるものではなく、Al、Au、Cu等の材料も好適に使用できる。そして、これらの材料によって薄膜形成、エッチング等によって、素子電極パターンを形成してもよいし、上記1例を示したが、これらの金属の微粒子を分散させた金属微粒子材料含有溶液を噴射して、素子電極パターンを形成してもよい。

【0148】

次に、本発明のさらに別の特徴について、図20、図21を用いて説明する。図20は、先に示した図2（B）を拡大した図である。図21は、本発明の特徴を説明するために、導電性薄膜4のパターンのそれぞれの領域を示したものである。

【0149】

本発明は、素子電極2, 3の間に金属微粒子材料含有溶液を噴射させ、ドットパターンとして形成しその後乾燥させることにより、導電性薄膜4を形成するものである。その際、問題となるのは、先に形成されている素子電極2, 3のパターンのエッジ部における導電性薄膜4のステップカバレッジである。

【0150】

図21（A）に示したように、A部においては、先に形成されている素子電極3のパターンの段差があるため、あとから金属微粒子を分散させた溶液を噴射させて、導電性薄膜4を形成した場合、エッジ部において良好な被覆が得られないという問題がある。そのため、その部位分において断線が生じたりして、電子放出素子の耐久性を損ね、信頼性が低く、実用面で難があった。

【0151】

本発明では、この点に鑑み、この領域、すなわち、基板上に先に形成されている素子電極のパターンエッジ部において、金属微粒子を分散させた溶液を噴射させて形成される導電性薄膜4の厚さをエッジ部ではない他の領域（図21（B）のB部）より厚く形成する

ように噴射ヘッドを噴射制御するようにしている。

【0152】

具体的には、このAの領域に溶液を噴射させる場合には、本発明に適用される噴射ヘッドにおいて、ピエゾ素子あるいは発熱体への入力エネルギーを大とし、Bの領域に噴射させる場合より、その液滴のサイズあるいは飛翔液体の質量を大きくすることによって、そこ（Aの領域）に形成される膜厚を厚くすることができる。

【0153】

より具体的には、素子電極パターンの厚さを例えば300 Åとし、金属微粒子材料含有溶液を噴射させて、導電性薄膜4を形成し、溶液中の揮発成分を乾燥させ、Bの領域における乾燥後の最終的な厚さを200 Åとなるようにした場合、Aの領域の厚さは、300 Å～500 Åとなるように、噴射ヘッドを制御すれば、ステップカバレッジが良好で、長期使用しても断線等がなく、信頼性の高い電子放出素子とすることができる。

【0154】

他の解決手段をあげると、例えばこのAの領域に溶液を噴射させてドットを形成する場合と、Bの領域に溶液を噴射させてドットを形成する場合とで、液滴、あるいは溶液の打ち込み回数を変えればよい。つまり、本発明の電子放出素子を図15（D）のようにして形成した後、ステップカバレッジが問題となるBの領域にもう一度、あるいは二度、三度、ドットを重ねて打ち込むようにすればよい。すなわち基板上に先に形成されている素子電極と電氣的接続され、その接続領域の素子電極のエッジ部において、ドットを複数回（2回以上）重ねて打ち込むように噴射制御すればよい。

【0155】

より具体的な例をあげる。試作したのは図15（D）に示したパターンである。ITO素子電極パターンの厚さは250 Åである。パラジウム微粒子含有溶液を約 $\Phi 12\ \mu\text{m}$ のドット径が得られるようにした噴射ヘッドを用い、 $8\ \mu\text{m}$ の配列ピッチでドットパターンを形成し、さらに、接続領域の素子電極のエッジ部（図21（B）でいうB部）のみもう一度同等のドットパターンを重ね打ちした。乾燥後の図21（A）でいうA部の打ち込みパターンの厚さは300 Åとなり、図21（B）でいうB部の厚さは、200 Åとなり、接続領域の素子電極のエッジ部が厚くカバーでき、良好なステップカバレッジが得られ、長期使用しても断線等がなく、信頼性の高い電子放出素子とすることができた。

【0156】

以上の説明から明らかなように、本発明は、電子放出素子を製作する技術であるが、数 $10\ \mu\text{m}$ ～数 μm という非常に微細なパターンを従来のようなフォトリソ技術によるのではなく、従来にはない微小な吐出口を有する噴射ヘッドによって金属微粒子材料含有溶液を基板に直接噴射付与するという簡単な装置で、電子放出素子群をダイレクト製作するようにしている。したがって、いわゆる半導体製造プロセスで使用されている高価な製造装置を必要とせず、低コストでかつ安定して製作できるという利点がある。

【0157】

このようにして、良好な形状の表面伝導型電子放出素子群のパターン形成を行った後、本発明では以下に説明するようなフォーミング処理によって、電子放出部5を形成する（図1、図2参照）。

【0158】

電子放出部5は、導電性薄膜4の一部に形成された高抵抗の亀裂により構成され、導電性薄膜4の膜厚、膜質、材料等、あるいはフォーミング処理条件等に依存したものとなる。電子放出部5の内部には、100 Å以下の粒径の導電性微粒子を含む場合もある。

【0159】

この導電性薄膜4に施すフォーミング処理方法の一例として、通電処理による方法を説明する。素子電極2、3間に、不図示の電源を用いて通電を行うと、導電性薄膜4の部位に構造の変化した電子放出部5が形成される。すなわち、通電フォーミングによれば導電性薄膜4に局所的に破壊、変形もしくは変質等の構造変化した部位が形成され、この部位が電子放出部5となる。

【0160】

図22は、本発明に適用する上記のごとくの通電フォーミング処理の電圧波形の例を示す図である。電圧波形は特にパルス波形が好ましく、パルス波高値が一定の電圧パルスを連続的に印加する場合(図22(A))と、パルス波高値を増加させながら、電圧パルスを印加する場合(図22(B))とがある。まずパルス波高値が一定電圧とした場合(図22(A))について説明する。

【0161】

図22(A)におけるT1およびT2はそれぞれ電圧波形のパルス幅とパルス間隔であり、T1を $1\mu\text{s}\sim 10\text{ms}$ 、T2を $10\mu\text{s}\sim 100\text{ms}$ とし、三角波の波高値(通電フォーミング時のピーク電圧)を表面伝導型電子放出素子の形態に応じて適宜選択する。このような条件のもと、例えば、数秒ないし数十分間電圧を印加する。また、パルス波形は三角波に限定されるものではなく、矩形波など所望の波形を用いても良い。

【0162】

図22(B)におけるT1およびT2は、図22(A)に示したものと同様にそれぞれ電圧波形のパルス幅とパルス間隔を示し、三角波の波高値(通電フォーミング時のピーク電圧)は、例えば0.1Vステップ程度ずつ増加させることができる。

【0163】

通電フォーミング処理の終了は、パルス間隔T2中に、導電性薄膜4を局所的に破壊、変形しない程度の電圧を印加し、電流を測定して検知することができる。例えば0.1V程度の電圧印加により流れる素子電流を測定し、抵抗値を求めて、 $1\text{M}\Omega$ 以上の抵抗を示した時に通電フォーミングを終了させる。

【0164】

通電フォーミングを終了した素子には、活性化工程と呼ぶ処理を施すことが望ましい。活性化処理を施すことにより、素子電流 I_f 、放出電流 I_e が著しく変化する。活性化工程は、例えば有機物質のガスを含む雰囲気中で、通電フォーミングと同様に、パルスの印加を繰り返すことで行うことができる。上記の雰囲気は、例えば、油拡散ポンプやロータリーポンプなどを用いて真空容器内を廃棄した場合に雰囲気内に残留する有機ガスを利用して形成することができる他、イオンポンプなどにより一旦十分に排気した真空中に適当な有機物質のガスを導入することによっても得られる。このときの好ましい有機物質のガス圧は、前述の応用の形態、真空容器の形状や、有機物質の種類などにより異なるため場合に依り適宜設定される。

【0165】

上記の有機物質としては、アルカン、アルケン、アルキンの脂肪族炭化水素類、芳香族炭化水素類、アルコール類、アルデヒド類、ケトン類、アミン類、フェノール、カルボン酸、スルホン酸等の有機酸類等を挙げることができ、具体的には、メタン、エタン、プロパンなど $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ で表される飽和炭化水素、エチレン、プロピレンなど C_nH_{2n} 等の組成式で表される不飽和炭化水素、ベンゼン、トルエン、メタノール、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、メチルエチルケトン、メチルアミン、エチルアミン、フェノール、蟻酸、酢酸、プロピオン酸等が使用できる。この処理により雰囲気中に存在する有機物質から炭素あるいは炭素化合物が素子上に堆積し、素子電流 I_f 、放出電流 I_e が著しく変化する。活性化工程の終了判定は、素子電流 I_f と放出電流 I_e を測定しながら行う。なおパルス幅、パルス間隔、パルス波高値などは適宜設定される。

【0166】

炭素あるいは炭素化合物とは、グラファイト(単結晶、多結晶の両者を指す)、非晶質カーボン(非晶質カーボンおよび非晶質カーボンと前記グラファイトの微結晶の混合物を含むカーボン)であり、その膜厚は 500\AA 以下にするのが好ましく、より好ましくは 300\AA 以下である。

【0167】

上述のようにして、作成した電子放出素子は、安定化処理を行うことが好ましい。この処理は真空容器内の有機物質の分圧が、 $1\times 10^{-8}\text{Torr}$ 以下、望ましくは、 1×10

10^{-10} Torr 以下で行うのが良い。真空容器内の圧力は、 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ Torr 以下が好ましく、特に 1×10^{-8} Torr 以下が好ましい。真空容器を排気する真空排気装置は、装置から発生するオイルが素子の特性に影響を与えないように、オイルを使用しないものを用いるのが好ましい。具体的には、ソーブションポンプ、イオンポンプ等の真空排気装置を挙げることができる。さらに、真空容器内を排気するときには、真空容器全体を過熱して真空容器内壁や電子放出素子に吸着した有機物質分子を排気しやすくするのが好ましい。このときの加熱した状態での真空排気条件は、 $80 \sim 200^\circ\text{C}$ で 5 時間以上が望ましいが、特にこの条件に限るものではなく、真空容器の大きさや形状、電子放出素子の構成などの諸条件により変化する。

【0168】

なお、上記有機物質の分圧は、質量分析装置により質量数が $10 \sim 200$ の炭素と水素を主成分とする有機分子の分圧を測定し、それらの分圧を積算することにより求められる。安定化工程を経た後、駆動時の雰囲気は、上記安定化処理終了時の雰囲気を維持するのが好ましいが、これに限るものではなく、有機物質が十分除去されていれば、真空度自体は多少低下しても十分安定な特性を維持することができる。このような真空雰囲気を採用することにより、新たな炭素あるいは炭素化合物の堆積を抑制でき、結果として素子電流 I_f 、放出電流 I_e が安定する。

【0169】

以上のようにして本発明の電子放出素子の作製ならびにフォーミングが行われ、その後、後述のように画像形成装置（ディスプレイ）として使用されるが、ここで 1 つ問題がある。

【0170】

これは上記のフォーミング処理時、あるいはディスプレイとして使用する場合も問題となることであるが、素子電極部における異常放電である。

【0171】

図 23 を用いて説明する。本発明では、図 23 のように複数（この例は 2）個の対向する素子電極 2, 3 間に金属微粒子材料含有溶液のドットパターン 42 によって電子放出部を形成してなるが、通常、素子電極 2, 3 は矩形パターンもしくは矩形パターンの組み合わせによって構成される。これは、このような素子電極パターンをフォトリソグラフィ技術によって形成する際のフォトマスクの形状に依存して、矩形形状にされる（矩形が最もコスト的に製作しやすい）わけであるが、図 23 (A) に示すように、対向する 2 個の素子電極のコーナー部 2', 3' が尖っているために、その部分で電界集中が生じる。

【0172】

その結果、フォーミング処理によって、両電極間に印加したり、あるいは最終的にディスプレイとして使用する場合も両電極間に印加するわけであるが、この電界集中部において異常な放電が生じ、良好なフォーミング処理が行えなかったり、あるいは異常な電子放出がおきて、ディスプレイの画質を落とすという不具合がある。

【0173】

本発明ではこの点に鑑み、例えば、図 23 (B) のように複数の素子電極の互いに対向する側のコーナー部を面取り形状 2'', 3'' としている。この例は、機械図面中表示する際の c 形状の面取りとしているが、r 形状の面取りであってもいいのは言うまでもない。

【0174】

このような形状は、素子電極パターンをフォトリソグラフィ技術によって形成する際にフォトマスクの形状をそのようなコーナー部が尖った形状にならないようにすればよい。あるいは、図 18 で説明したように、素子電極を本発明の金属微粒子材料含有溶液噴射によるドットパターンによって形成したものであれば、ドットパターンの外形そのものが丸い形状になっていて尖った部分がないので、自動的に面取り形状とすることができる。

【0175】

なお、その面取り部分の大きさであるが、電子放出部を形成するドットパターン径の 1

／2～1／5程度、すなわち $c\ 2\ \mu\text{m} \sim c\ 5\ \mu\text{m}$ 、あるいは $r\ 2\ \mu\text{m} \sim r\ 5\ \mu\text{m}$ とすれば、電界集中が生じない良好な素子電極とすることができる。

【0176】

本発明では、このように素子電極の尖った部分をなくし、電界集中をなくすようにすることにより、フォーミング処理時、あるいは後述のようにディスプレイとして使用する場合にも、異常放電がなく、また、長期に使用しても安定した良好な電子放出が得られ、さらには、高品位な画質のディスプレイとすることができるようになった。

【0177】

次に、この問題を解決する他の手段について、図24を用いて説明する。これは複数の素子電極の互いに対向する側のコーナー部を金属微粒子材料含有溶液のドットパターンによって被覆するように打ち込むようにパターン形成制御する例である。

【0178】

図24(A)はドットパターン列を縦に2列とした例、図24(B)は1列とした例であるがどちらでもいいのは言うまでもない。要するに、素子電極パターンの尖った部分2'、3'を金属微粒子材料含有溶液のドットパターンによって被覆し、その部分が表面に利出しないようにすれば、電界集中による異常放電を防止でき、フォーミング処理が良好に行え、あるいは後述のようにディスプレイとして使用する場合にも、異常放電がなく、また長期に使用しても安定した良好な電子放出が得られ、さらには高品位な画質のディスプレイとすることができるようになるのである。

【0179】

次に、本発明のさらに別の特徴について図25を用いて説明する。前述(図3、図4)のように本発明では、噴射ヘッドは基板14と相対移動を行いながら、金属微粒子材料含有溶液を噴射付与して、電子放出素子群を形成する。図25は電子源基板14に形成された素子電極2、3およびその素子電極2、3間に縦方向(副走査方向)に4個の溶液ドットパターン付与によって形成された電子放出素子10群を示している。

【0180】

ここでは、横方向を主走査方向と定義し、縦方向を副走査方向と定義している。各電子放出素子は、各素子の中心間距離(配列ピッチ)、すなわち、それぞれ主走査方向配列ピッチ、副走査方向配列ピッチは、後述のように本発明の電子源基板をディスプレイとして使用する場合の画像品質を左右する重要なファクターである。

【0181】

本発明の電子放出素子を利用したディスプレイは、前述のようなフォーミング処理によって、素子電極間のどこかにできる亀裂部より放出される電子によって、蛍光体を発光させるものである。ここでこの亀裂部は素子電極間のどこかにできるが、いつも一定の場所にできるとは限らない。すなわち、本発明が適用されるディスプレイは、その発光ピクセル(絵素)の精度が、最大、素子電極間距離だけ変動する(素子間でバラツク)という性格を持ったディスプレイである。よって、例えば、図26のように、図25の場合よりもさらに各素子間に素子を配列して主走査方向配列ピッチ、副走査方向配列ピッチともに、図25の倍にして配列することも可能であるが、もともと、発光部の変動がある(位置精度が最大、素子電極間距離だけ変動する)ため、そのようなことは意味を持たない。

【0182】

すなわち、本発明においては、各素子の中心間距離(配列ピッチ)は素子電極間距離以下にしても意味がない。言い換えるならば、本発明においては、各素子の電極間距離を電子放出素子の配列ピッチより小として形成した場合に、初めて有効な無駄のないディスプレイとすることができる。

【0183】

1例をあげると、例えば、電極間距離(ここで電極間距離は図25に示すように、対向する電極の最接近辺の距離 s である)を $15\ \mu\text{m}$ とされ、主走査方向配列ピッチ Xp 、副走査方向配列ピッチ Yp はともに $30\ \mu\text{m}$ とされる。このとき、電子放出部は3個のドットパターン(パターン径約 $\Phi 15\ \mu\text{m}$)によって形成される。このようなパターンを形成

するための噴射ヘッドとしては、前述のヘッドH4（吐出口径 $D_o = \Phi 10 \mu m$ ）を利用でき、溶液噴射の駆動電圧は15V、駆動パルス巾は $2.5 \mu s$ として噴射制御することによって得られる。なお、使用する溶液も前述のようなパラジウム微粒子含有溶液が使用される。またこのような主走査方向配列ピッチ、副走査方向配列ピッチで精度よく素子形成を行うには、図3あるいは図4に示した製造装置によって、噴射ヘッドと基板との高精度な相対移動を行うことによって実現できる。

【0184】

他の例では、例えば、電極間距離を $30 \mu m$ とされ、主走査方向配列ピッチ、副走査方向配列ピッチはともに $50 \mu m$ とされる。このとき、電子放出部は5個のドットパターン（パターン径約 $\Phi 20 \mu m$ ）によって形成される。このようなパターンを形成するための噴射ヘッドとしては、前述のヘッドH3（吐出口径 $D_o = \Phi 15 \mu m$ ）を利用でき、溶液噴射の駆動電圧は13.5V、駆動パルス巾は $3 \mu s$ として噴射制御することによって得られる。なお、使用する溶液も前述のようなパラジウム微粒子含有溶液が使用される。またこのような主走査方向配列ピッチ、副走査方向配列ピッチで精度よく素子形成を行うには、図3あるいは図4に示した製造装置によって、噴射ヘッドと基板との高精度な相対移動を行うことによって実現できる。

【0185】

以上の例はサーマルジェット（バブルジェット（登録商標））方式の噴射ヘッドの例であるが、圧電素子を用いたピエゾジェット方式、静電力を利用した方式、あるいは荷電制御方式（連続流方式）等が利用できることは言うまでもない。

【0186】

次に、本発明の画像形成装置について述べる。画像形成装置に用いる電子源基板の電子放出素子の配列については種々のものが採用できる。まず、並列に配置した多数の電子放出素子の個々を両端で接続し、電子放出素子の行を多数個配置し（行方向と呼ぶ）、この配線と直交する方向（列方向と呼ぶ）で電子放出素子の上方に配置した制御電極（グリッドとも呼ぶ）により、電子放出素子からの電子を制御駆動する梯子状配置のものがある。これとは別に、電子放出素子をX方向およびY方向に行列状に複数個配置し、同じ行に配置された複数の電子放出素子の電極の一方を、X方向の配線に共通に接続し、同じ列に配置された複数の電子放出素子の電極の他方を、Y方向の配線に共通に接続するものが挙げられる。このようなものは、所謂、単純マトリックス配置である。

【0187】

次に、単純マトリックス配置の電子源を用いた画像形成装置について説明する。図27は画像形成装置の表示パネルの基本構成の一例を説明するための図で、図中、71は電子放出素子74を基板上に作製した電子源基板、81は電子源基板71を固定したリアプレート、82は支持枠、86はガラス基板83の内面に蛍光膜84とメタルバック85等が形成されたフェースプレート86で、リアプレート81、支持枠82及びフェースプレート86にフリットガラス等を塗布し、大気中あるいは窒素中で $400 \sim 500$ 度で10分以上焼成することで封着して外囲器88を構成する。

【0188】

外囲器88は、上述の如くフェースプレート86、支持枠82、リアプレート81で構成したが、リアプレート81は主に電子源基板71の強度を補強する目的で設けられるため、電子源基板71自体で十分な強度を持つ場合は別体のリアプレート81は不要であり、電子源基板71に直接支持枠82を封着し、フェースプレート86、支持枠82、及び電子源基板71にて外囲器88を構成しても良い。またさらにはフェースプレート86、リアプレート81間に、スペーサとよばれる耐大気圧支持部材を設置することで大気圧に対して十分な強度をもつ外囲器88を構成することもできる。

いずれにしてもこのようなフェースプレートは、電子源基板と積層、一体化して画像形成装置（画像表示装置）を構成するので、電子源基板とほぼ同じ形状、大きさとされる。

【0189】

図28は、図27の画像形成装置に用いられる蛍光膜84の構成例を示す模式図で、ブ

ラックストライプタイプの蛍光膜を図28(A)に、ブラックマトリックスタイプの蛍光膜を図28(B)に示すものである。図28において、91は黒色導電材、92は蛍光体である。

【0190】

蛍光膜84は、モノクロームの場合は蛍光体のみからなるが、カラーの蛍光膜の場合は、蛍光体の配列によりブラックストライプあるいはブラックマトリックスなどと呼ばれる黒色導電材91と蛍光体92とで構成される。ブラックストライプ、ブラックマトリックスを設ける目的は、カラー表示の場合、必要となる三原色蛍光体の各蛍光体92間の塗り分け部を黒くすることで混色等を目立たなくすることと、蛍光膜84における外光反射によるコントラストの低下を抑制することである。ブラックストライプの材料としては、通常良く用いられている黒鉛を主成分とする材料だけでなく、導電性があり、光の透過および反射が少ない材料であればこれに限るものではない。

【0191】

本発明では、上記のようなマトリックス化された蛍光体92のストライプの方向、あるいはマトリックスの互いに直交する2方向と、前述の電子放出素子74の互いに直交する2方向とそれぞれが互いに平行になるようにし、かつ各電子放出素子74に蛍光体92が一致するように位置決めして積層し、画像表示装置を構成している。このような構成の画像表示装置は、互いのマトリックスの方向およびその位置が一致しているため、非常に高画質な画像表示装置を実現できる。

【0192】

ガラス基板83に蛍光体を塗布する方法としては、モノクローム、カラーによらず沈澱法や印刷法が用いられる。また蛍光膜84(図27)の内面側には通常、メタルバック85が設けられる。メタルバック85は、蛍光体の発光のうち内面側への光をフェースプレート86側へ鏡面反射することにより輝度を向上すること、電子ビーム加速電圧を印加するための電極として作用すること、外囲器内で発生した負イオンの衝突によるダメージからの蛍光体の保護等の役割を有する。メタルバック85は、蛍光膜84を作製後、蛍光膜84の内面側表面の平滑化处理(通常、フィルミングと呼ばれる)を行い、その後A1を真空蒸着等で堆積することで作製できる。また、フェースプレート86には、更に蛍光膜84の導電性を高めるため、蛍光膜84の外面側に透明電極(不図示)を設けてもよい。

【0193】

前述の外囲器88を作成するための封着を行う際、カラーの場合は各色蛍光体92と電子放出素子74とを対応させなくてはならず、十分な位置合わせを行う必要がある。この十分な位置合わせを行うために本発明では、前述のように、電子放出素子74に対向する位置に蛍光体92を配置するとともに、電子放出素子74と蛍光体92のそれぞれのマトリックスの互いに直交する2方向がそれぞれ互いに平行となるようにしている。このような構成の高精度な画像表示装置を得るためには、蛍光体基板も、本発明の電子源基板と同様な位置決め手法をとることが望ましい。

【0194】

図27に示した画像形成装置は、具体的には以下のようにして製造される。外囲器88は前述の安定化工程と同様に、適宜加熱しながらイオンポンプ、ソーブションポンプなどのオイルを使用しない排気装置により不図示の排気管を通じて排気し、 10^{-7} Torr程度の真空度の有機物質の十分少ない雰囲気にした後、封止される。外囲器88の封止後の真空度を維持するためにゲッター処理を行う場合もある。これは外囲器88の封止を行う直前あるいは封止後に抵抗加熱あるいは高周波加熱等の加熱法により、外囲器88内の所定の位置(不図示)に配置されたゲッターを加熱し、蒸着膜を形成する処理である。ゲッターは通常Ba等が主成分であり、蒸着膜の吸着作用により、例えば 1×10^{-5} Torrないし 1×10^{-7} Torrの真空度を維持するものである。

【図面の簡単な説明】

【0195】

【図1】本発明の一実施形態に係る平面型表面伝導型電子放出素子の構成を示す模式

図である。

【図 2】図 1 に示す表面伝導型電子放出素子の製造方法を説明するための模式図である。

【図 3】本発明に係る電子源基板の製造装置の一例を示す構成図である。

【図 4】本発明を適用し得る液滴付与装置の構成の一例を説明するための図である。

【図 5】図 4 の液滴付与装置の吐出ヘッドユニットの要部概略構成図である。

【図 6】本発明に係る表面伝導型電子放出素子の製造装置に使用される噴射ヘッドの 1 例を示す図である。

【図 7】本発明の電子源基板製造装置に使用される噴射ヘッドで膜沸騰気泡による作用力で噴射するサーマルジェット方式の場合の溶液飛翔形状の例を説明するための図である。

【図 8】本発明の電子源基板製造装置に使用される噴射ヘッドで機械的変位による作用力で噴射するピエゾジェット方式の場合の液滴飛翔形状の例を説明するための図である。

【図 9】本発明の電子源基板製造装置に使用される噴射ヘッドで機械的変位による作用力で噴射するピエゾジェット方式の場合の他の液滴飛翔形状の例を説明するための図である。

【図 1 0】本発明の電子源基板製造装置によって、良好なパターン形成を行う条件を見出すために使用したテストパターンの例を示す図である。

【図 1 1】基板の表面粗さより大である金属微粒子を含有した溶液によってドットパターンを形成した場合の、金属微粒子と表面粗さの関係を模式的に示した図である。

【図 1 2】基板の表面粗さ以下の大きさの金属微粒子を含有した溶液によってドットパターンを形成した場合の、金属微粒子と表面粗さの関係を模式的に示した図である。

【図 1 3】液滴あるいは溶液のドットを 1 列に配列して微細な電子放出素子パターンを形成する例を説明するための図である。

【図 1 4】液滴あるいは溶液のドット列を複数列配列して太い電子放出素子パターンを形成する例を説明するための図である。

【図 1 5】液滴のドットを配列して電子放出素子パターンを形成する場合の接続方法を説明するための図である。

【図 1 6】基板上に形成されている 2 つの I T O 透明電極パターンを示す図である。

【図 1 7】液滴のドットを配列して電子放出素子パターンを形成する具体例を説明するための図である。

【図 1 8】基板上に先に形成したドットパターンを示す図である。

【図 1 9】基板上に先に形成したドットパターンに液滴のドットを配列して電子放出素子パターンを形成する具体例を説明するための図である。

【図 2 0】本発明の一実施形態に係る平面型表面伝導型電子放出素子の構成を断面図で示したものである。

【図 2 1】電子放出部および電極素子部における電子放出素子パターンの膜厚を変える事を説明するための断面図である。

【図 2 2】本発明による表面伝導型電子放出素子の製造に採用できる通電フォーミング処理における電圧波形の例を示す図である。

【図 2 3】本発明を適用し電界集中をなくした例を説明する図である。

【図 2 4】本発明を適用し電界集中をなくした他の例を説明する図である。

【図 2 5】本発明の一実施形態に係る平面型表面伝導型電子放出素子群を形成するにあたっての液滴噴射時のキャリッジの主走査方向、副走査方向ならびに各寸法の定義を説明する図である。

【図 2 6】平面型表面伝導型電子放出素子群をより高密度に配列しても無駄になることを説明する図である。

【図 2 7】本発明を適用し得るマトリックス配置型電子源基板による画像形成装置の

表示パネルの基本構成の一例を説明するための図である。

【図 2 8】 本発明を適用し得る画像形成装置に用いられる蛍光膜の構成例を示す模式図である。

【図 2 9】 従来の電子放出素子の一例を示す図である。

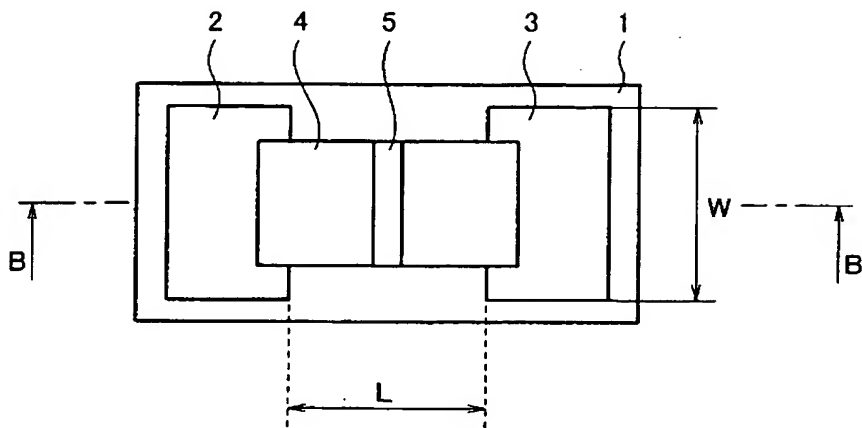
【符号の説明】

【0 1 9 6】

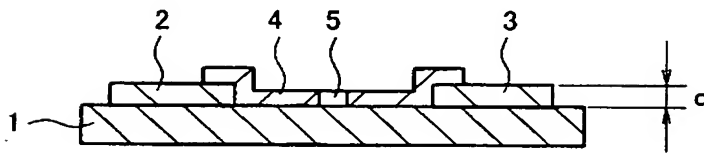
1…基板、2, 3…素子電極、4…導電性薄膜、5…電子放出部、6…金属粒子（大）、7…金属粒子（小）、10…電子放出素子、11…吐出ヘッドユニット（噴射ヘッド）、12…キャリッジ、13…基板保持台、14…基板、15…供給チューブ、16…信号供給ケーブル、17…噴射ヘッドコントロールボックス、18…キャリッジ12のX方向スキャンモータ、19…キャリッジ12のY方向スキャンモータ、20…コンピュータ、21…コントロールボックス、22（22X₁、22Y₁、22X₂、22Y₂）…基板位置決め／保持手段、30…吐出ヘッドユニット、31…ヘッドアライメント制御機構、32…検出光学系、33…インクジェットヘッド、34…ヘッドアライメント微動機構、35…制御コンピュータ、36…画像識別機構、37…XY方向走査機構、38…位置検出機構、39…位置補正制御機構、40…インクジェットヘッド駆動・制御機構、41…光軸、42…液滴、43…液滴着弾位置、44…ドット、50…噴射ヘッド（インクジェットヘッド）、51…発熱体基板、52…蓋基板、53…発熱体基板の作成に用いるシリコン基板、54…個別電極、55…共通電極、56…発熱体、57…溶液流入口、58…ノズル、59…溝部、60…凹部領域、71…電子源基板、74…電子放出素子、81…リアプレート、82…支持枠、83…ガラス基板、84…蛍光膜、85…メタルバック、86…フェースプレート、88…外囲器、91…黒色導電材、92…蛍光体。

【書類名】 図面
【図 1】

(A)

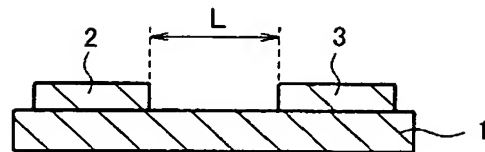


(B)

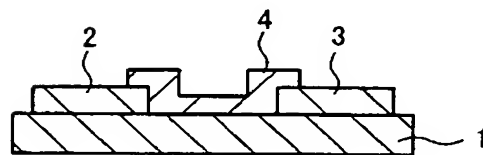


【図 2】

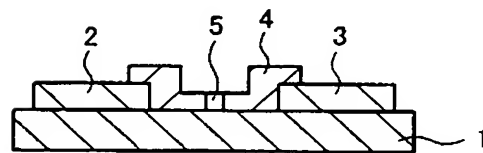
(A)



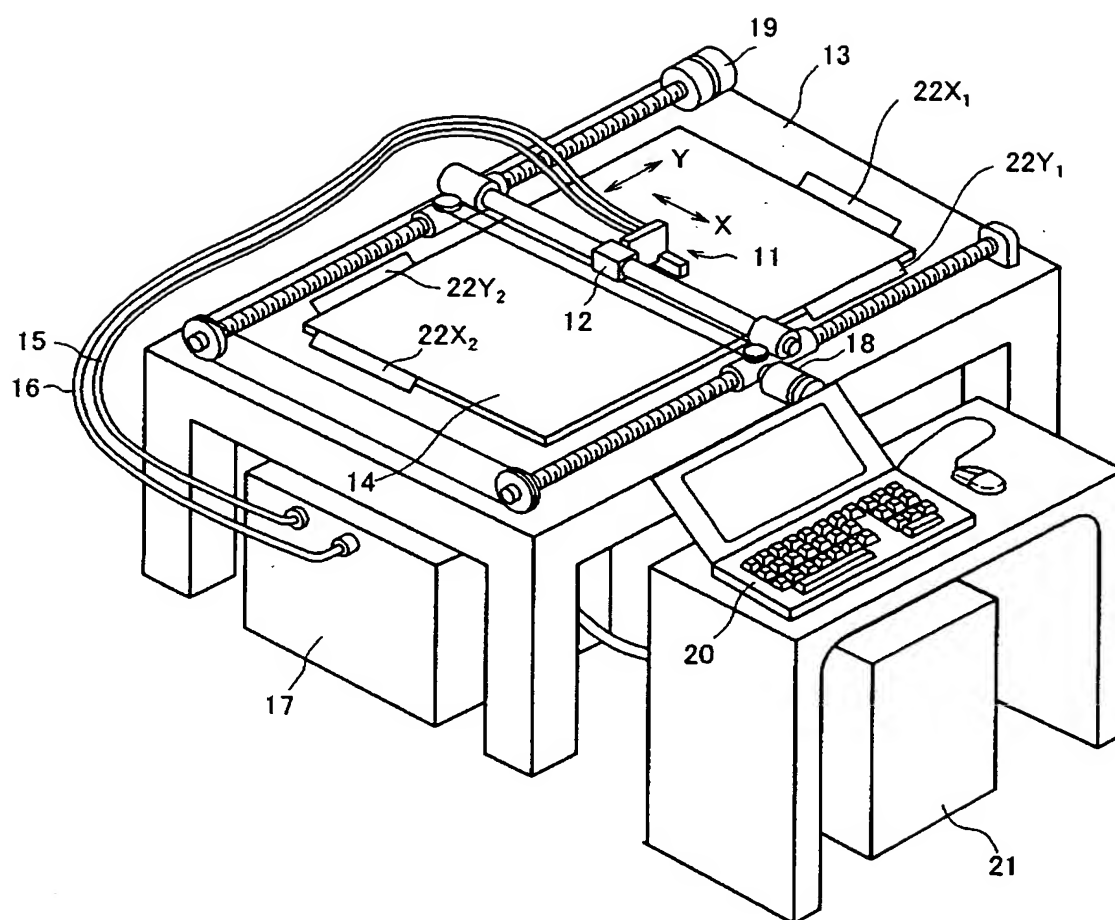
(B)



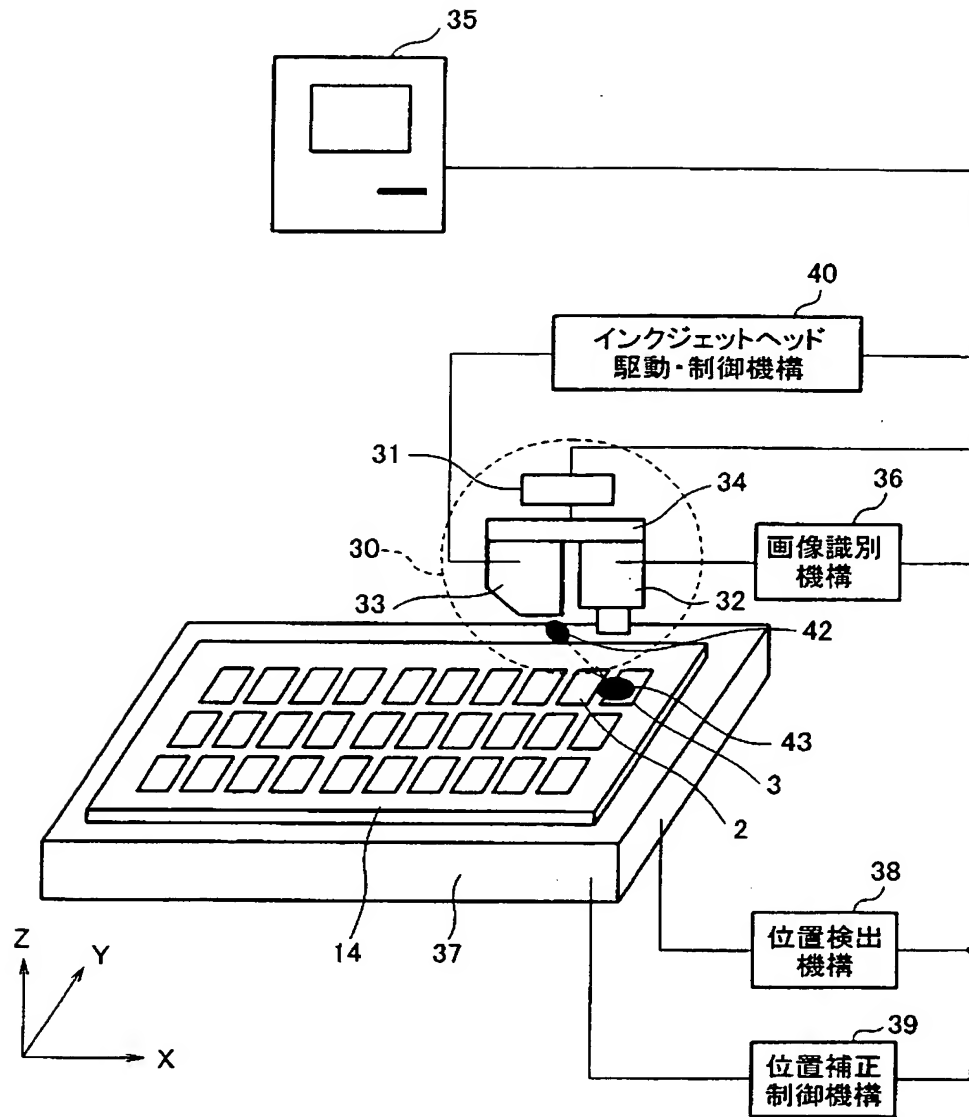
(C)



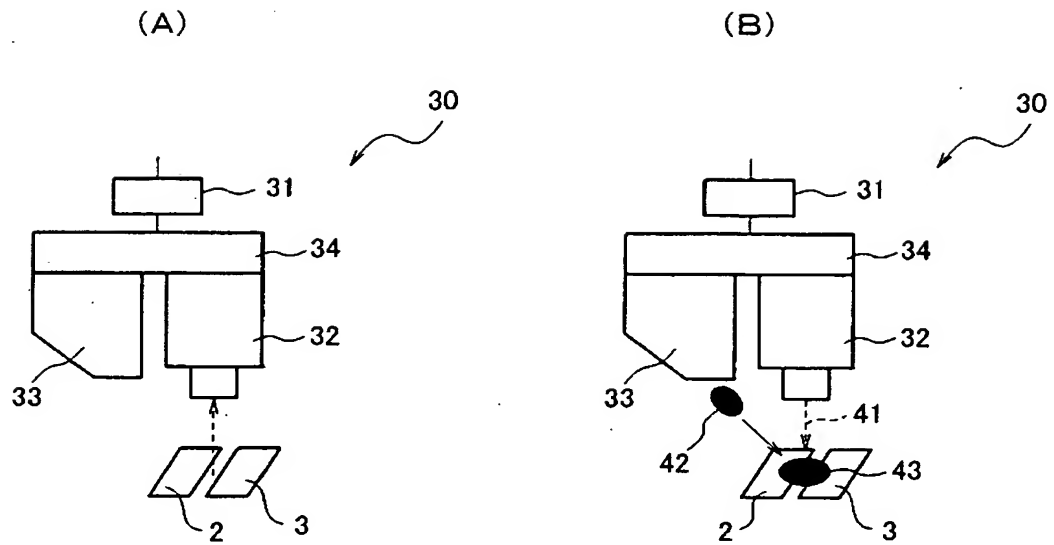
【図 3】



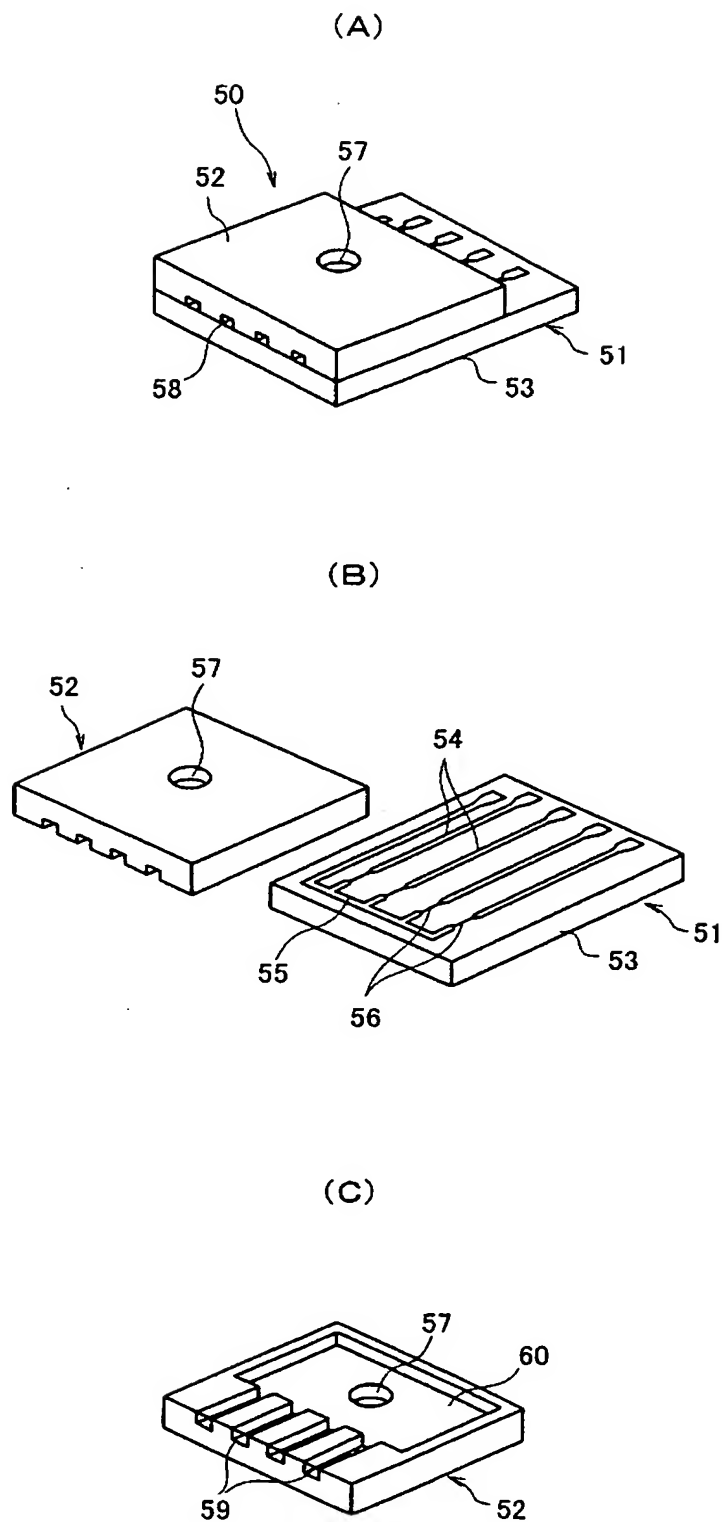
【図 4】



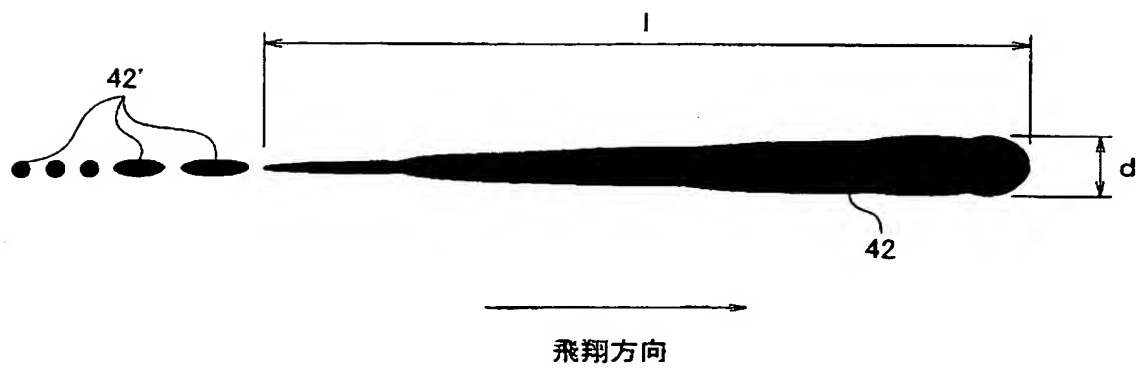
【図 5】



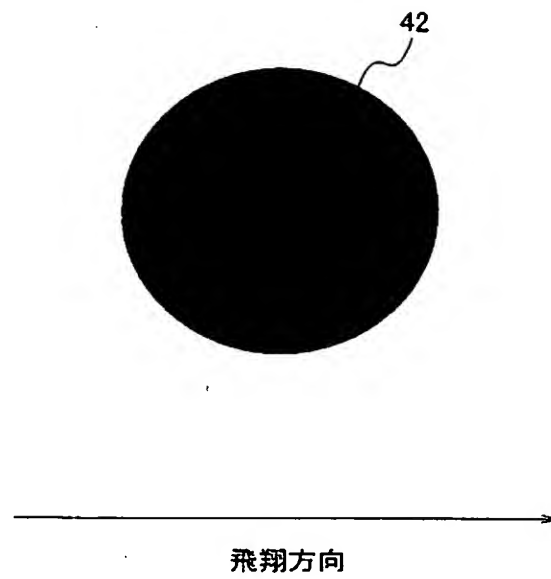
【図 6】



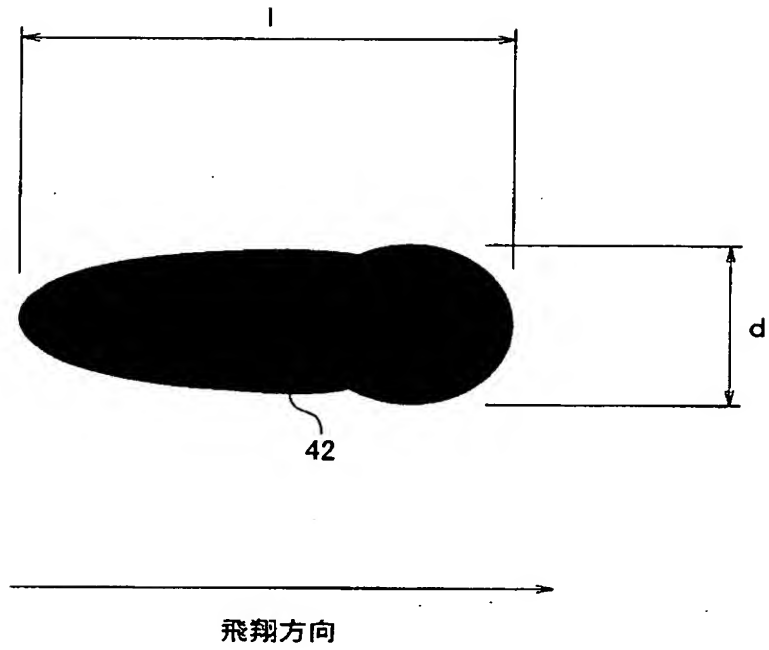
【図 7】



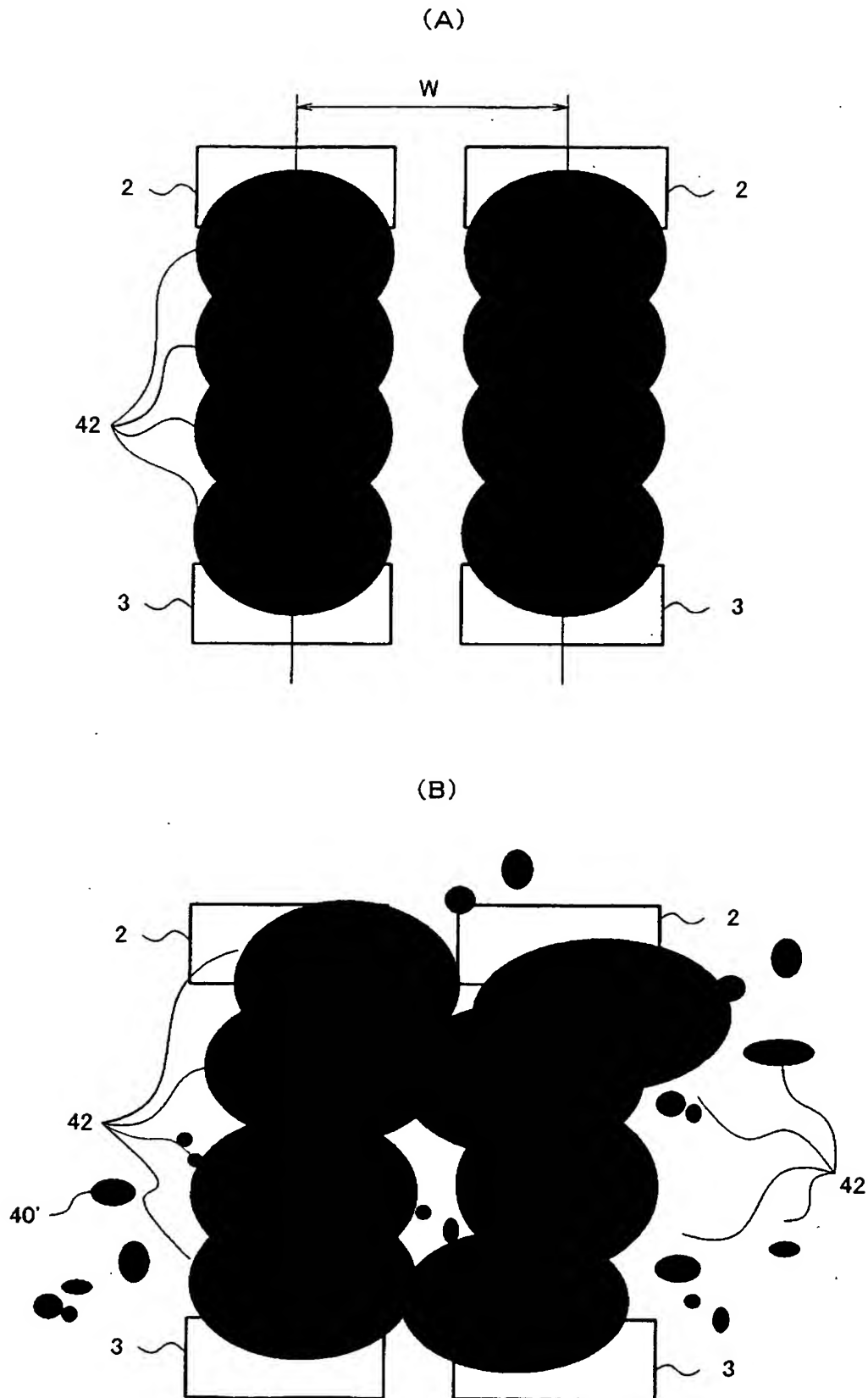
【図 8】



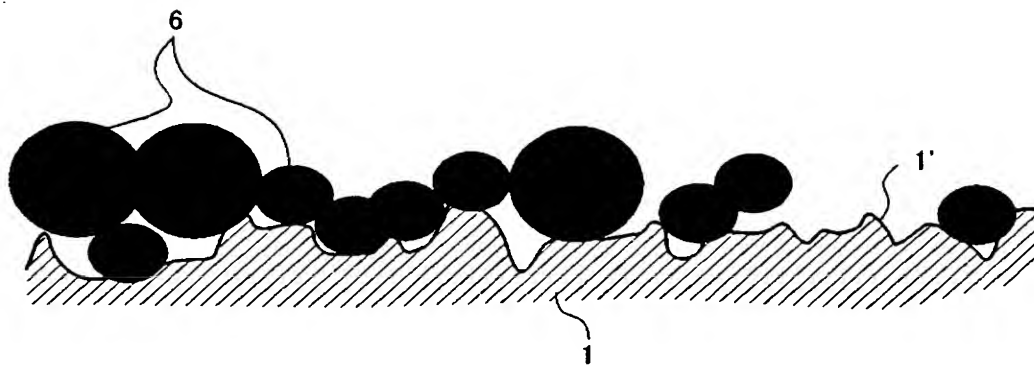
【図 9】



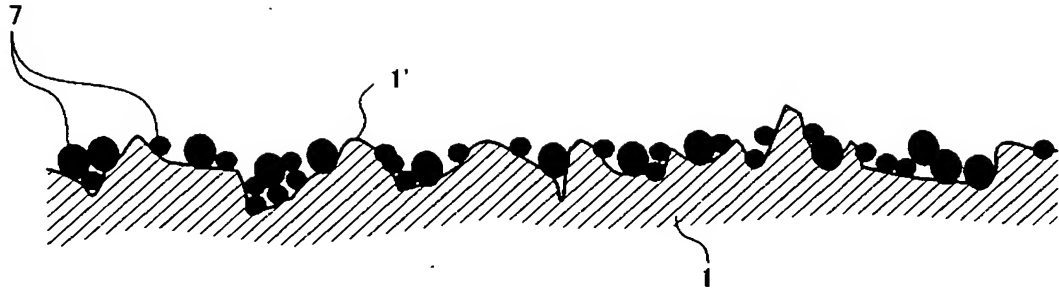
【図 10】



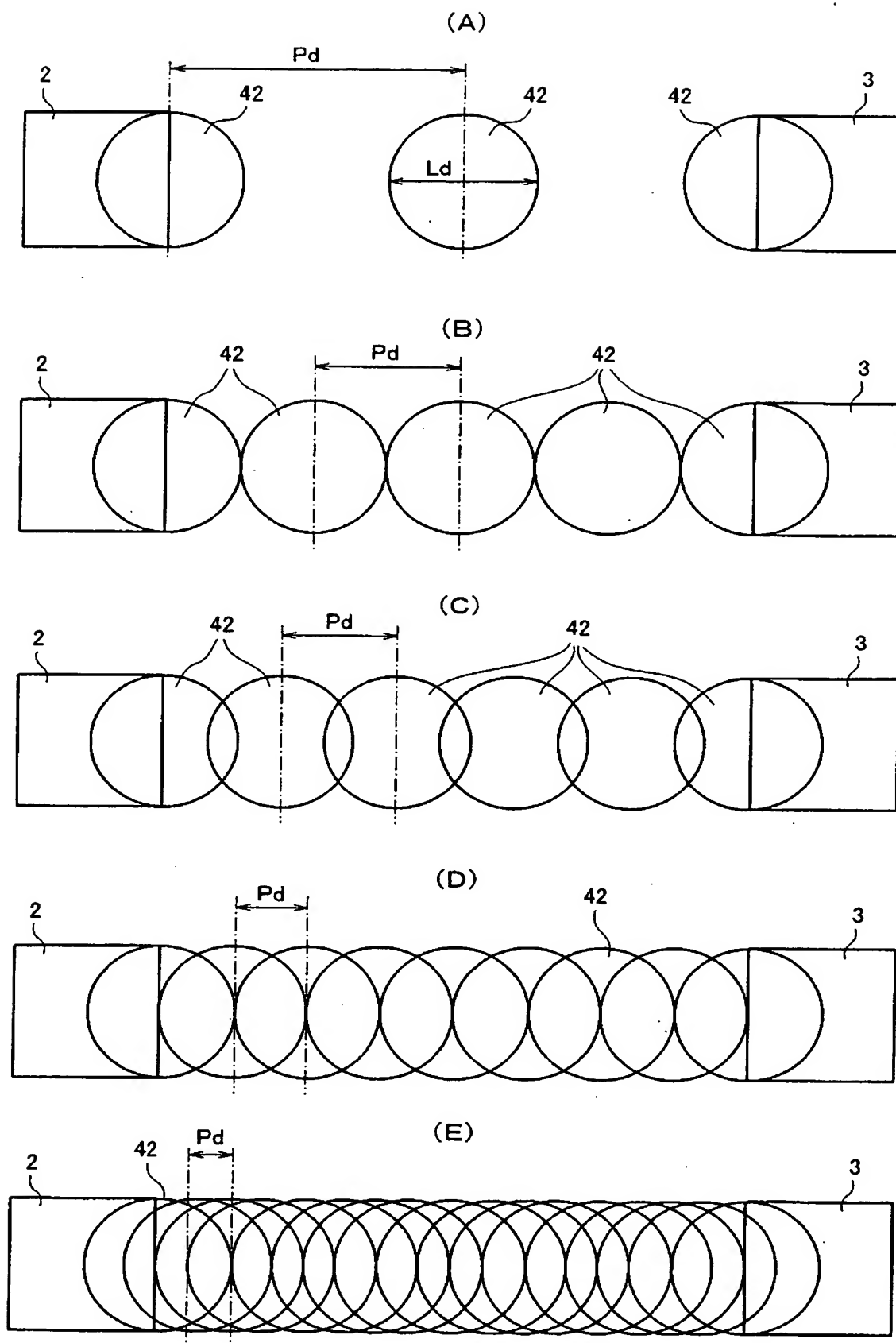
【図 11】



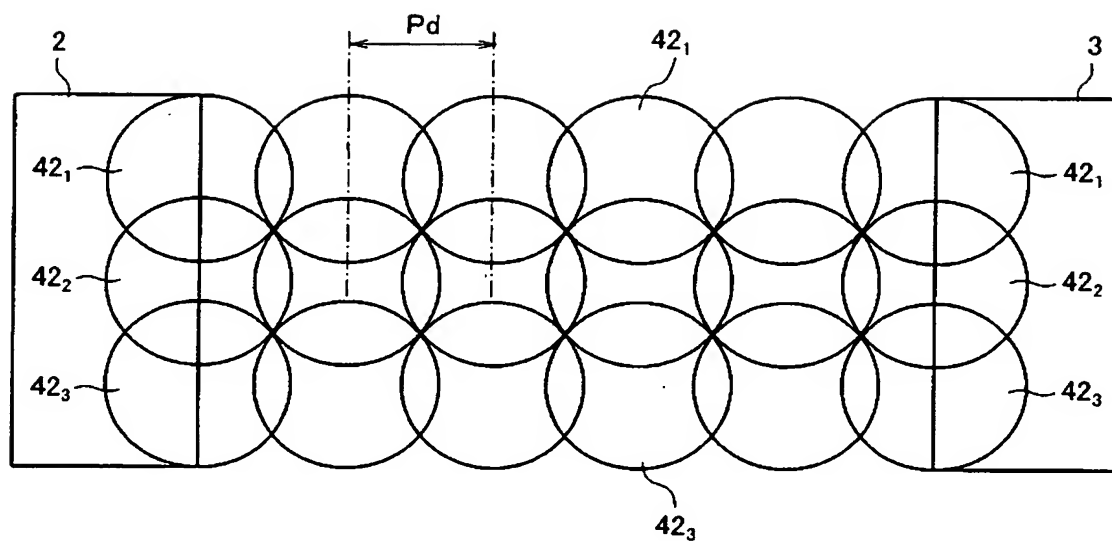
【図 12】



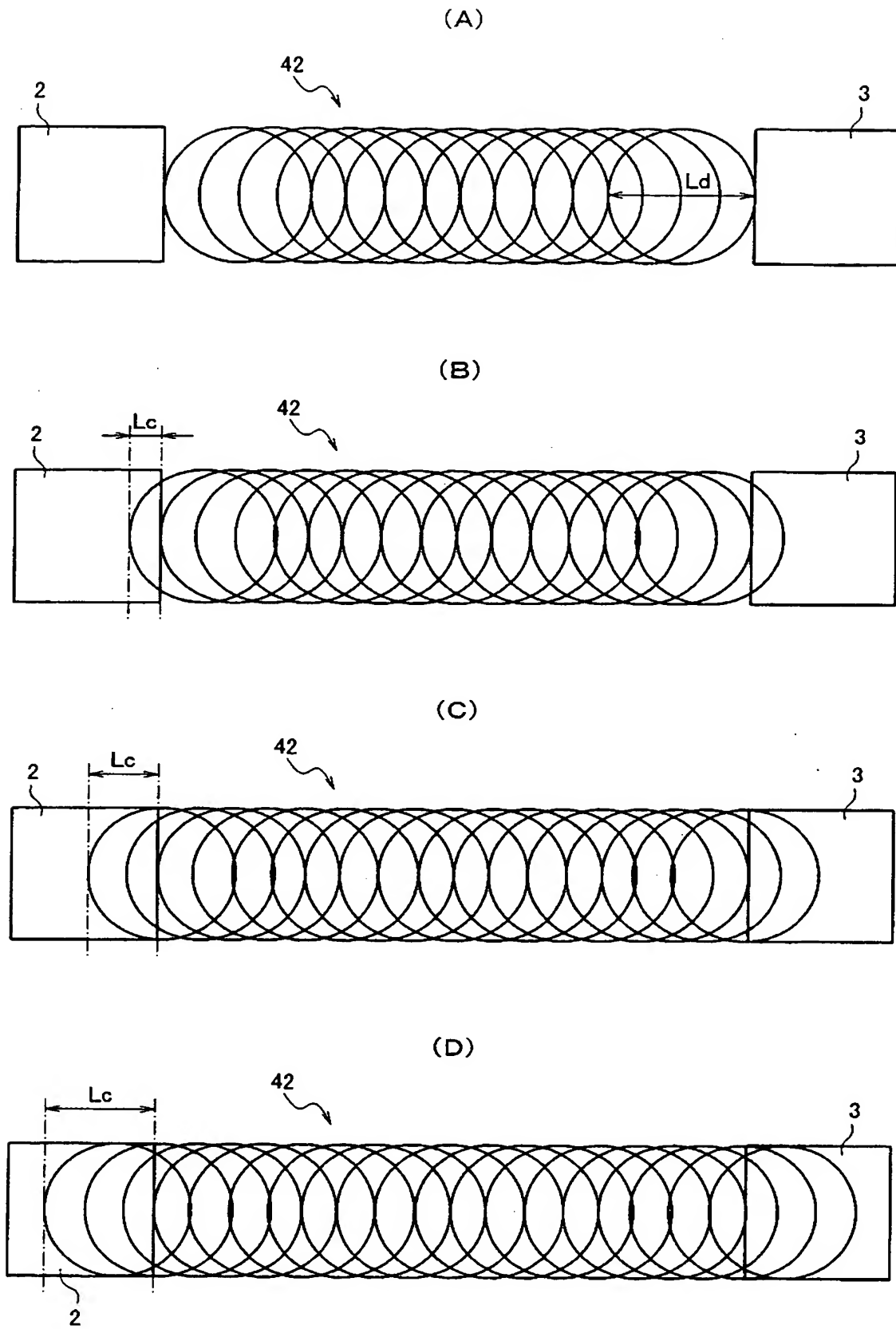
【図 13】



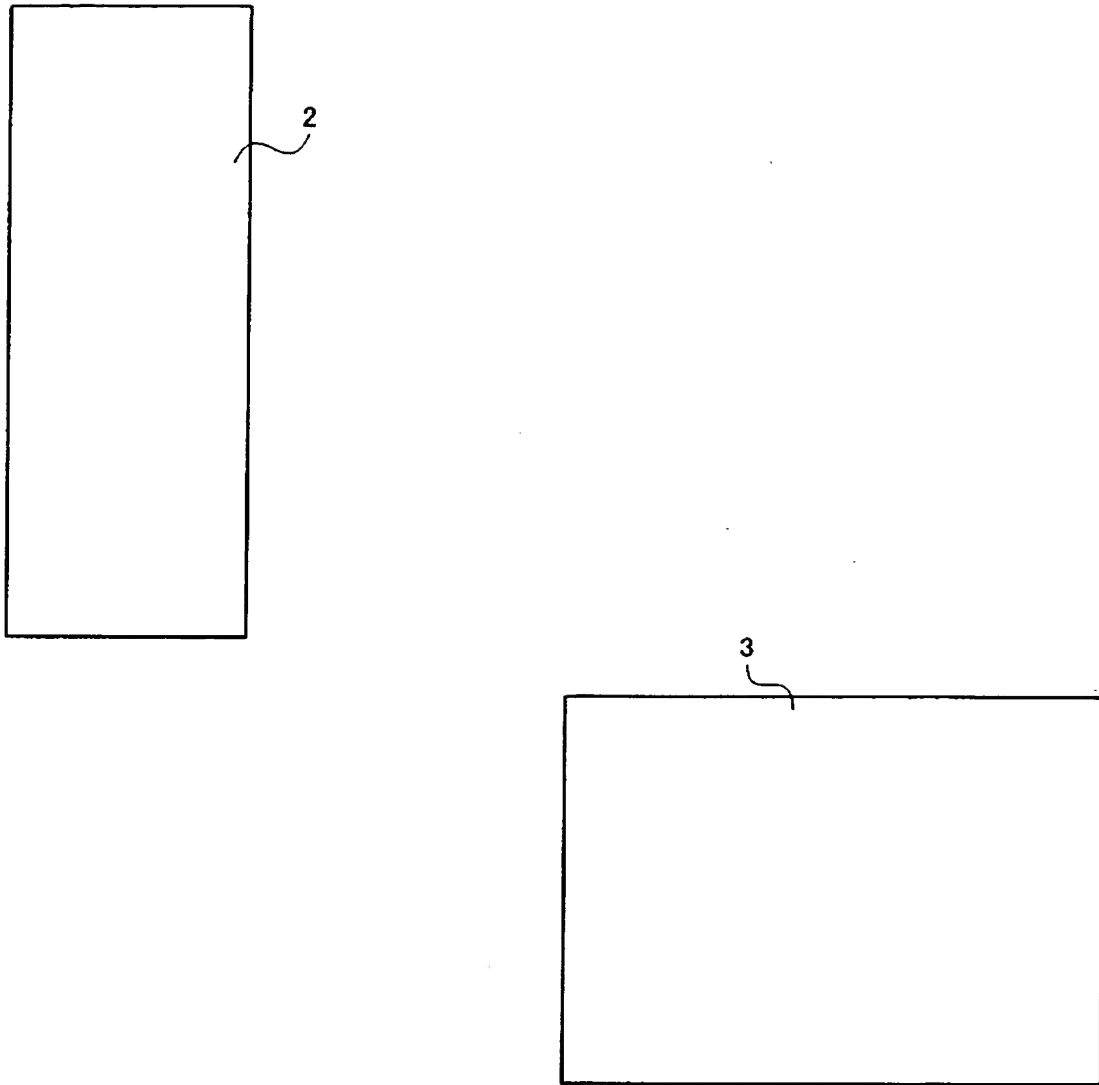
【図 14】



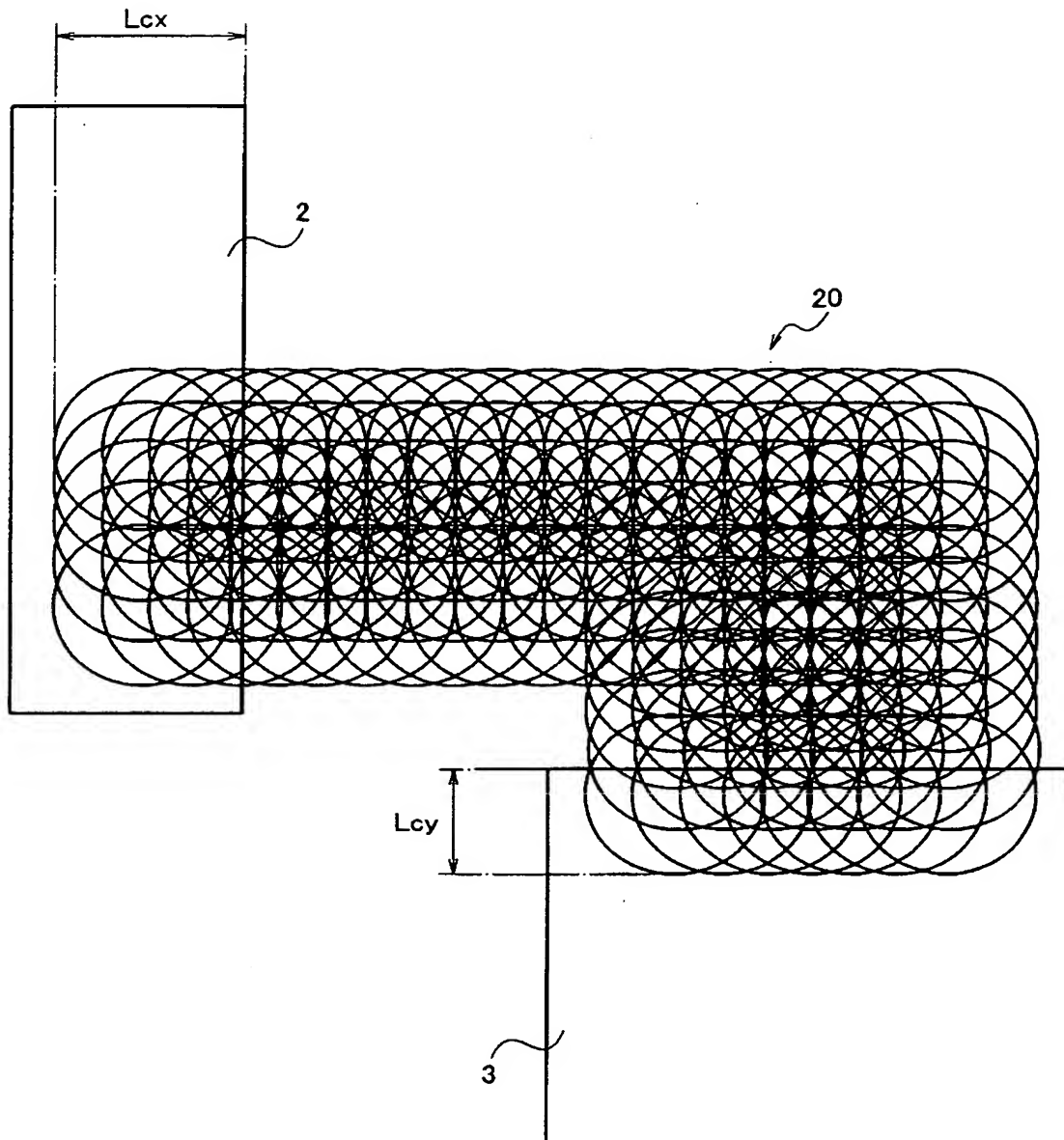
【図 15】



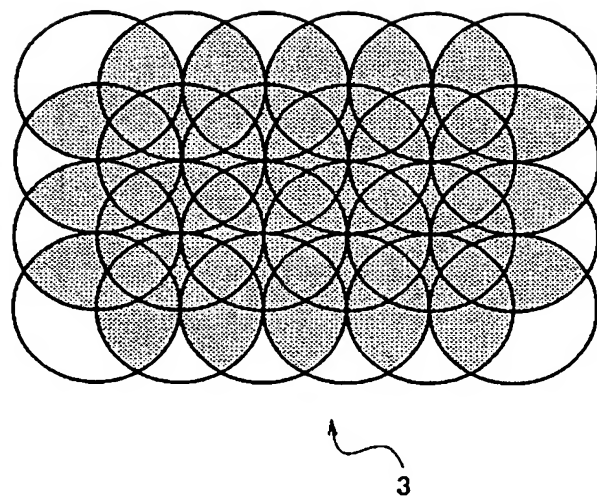
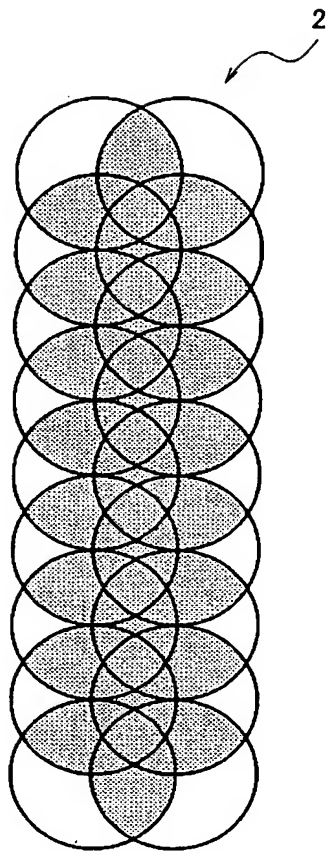
【図 16】



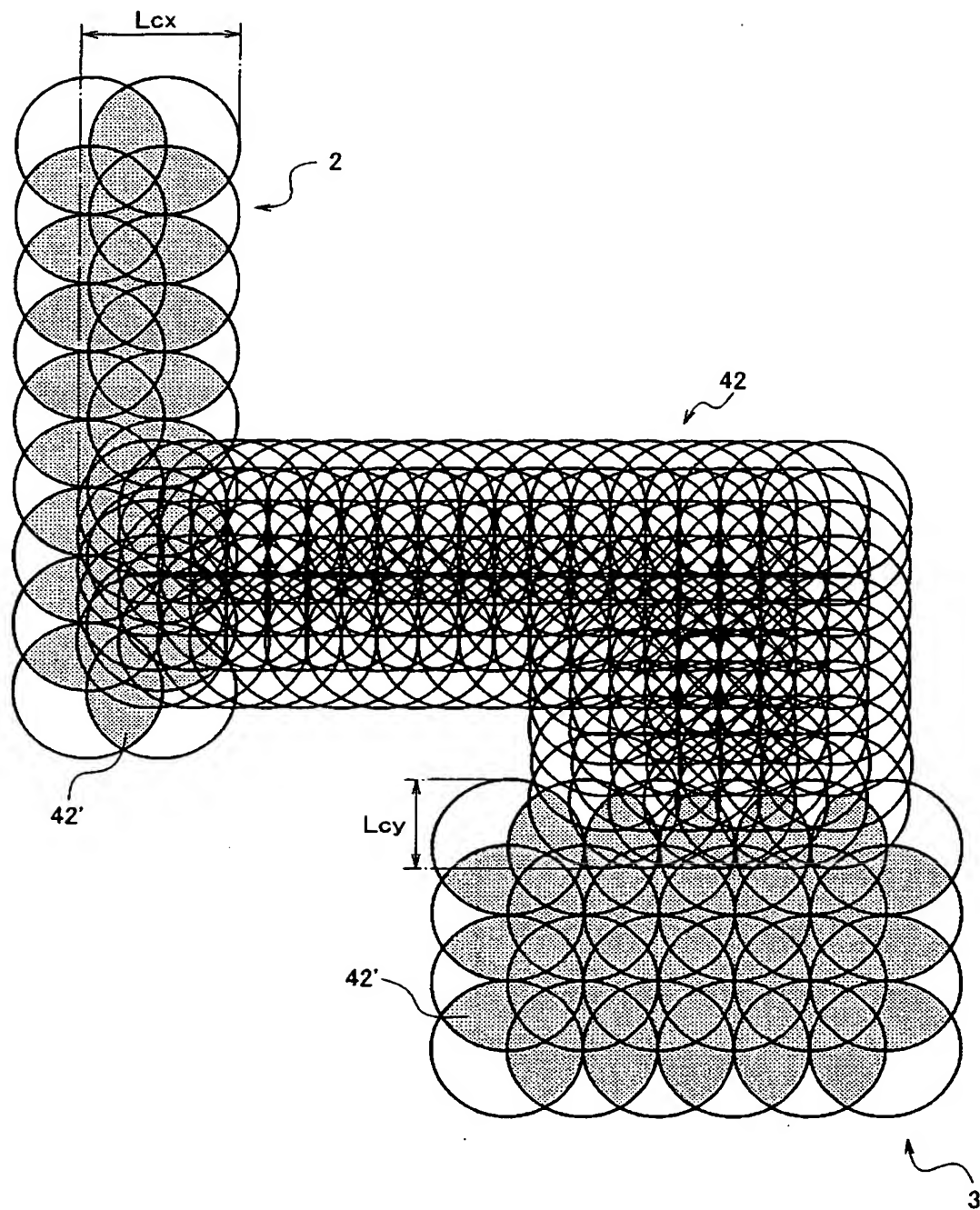
【図 17】



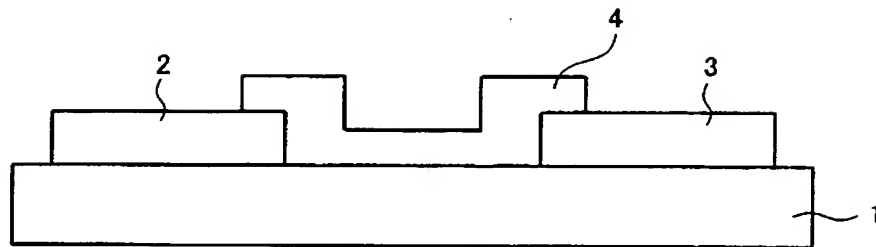
【図 18】



【図 19】

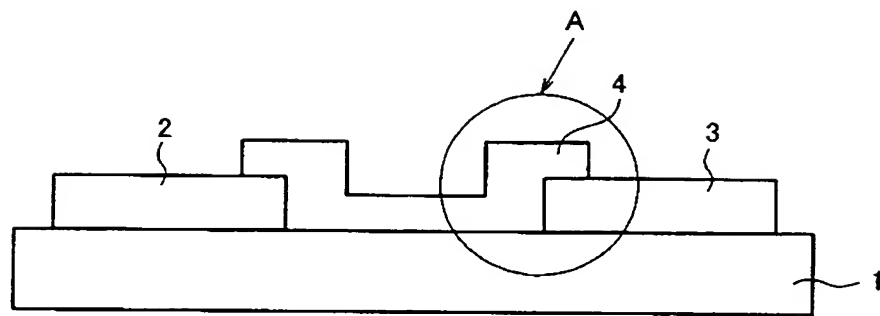


【図 20】

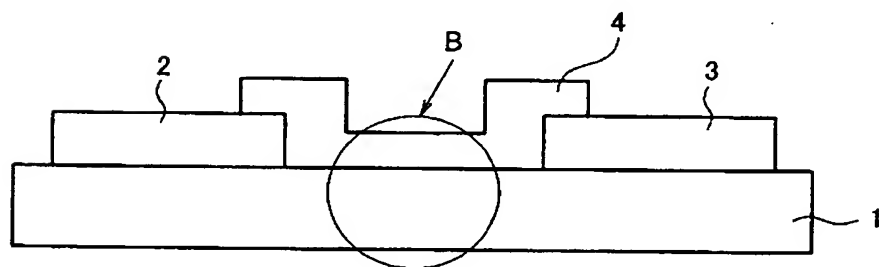


【図 21】

(A)

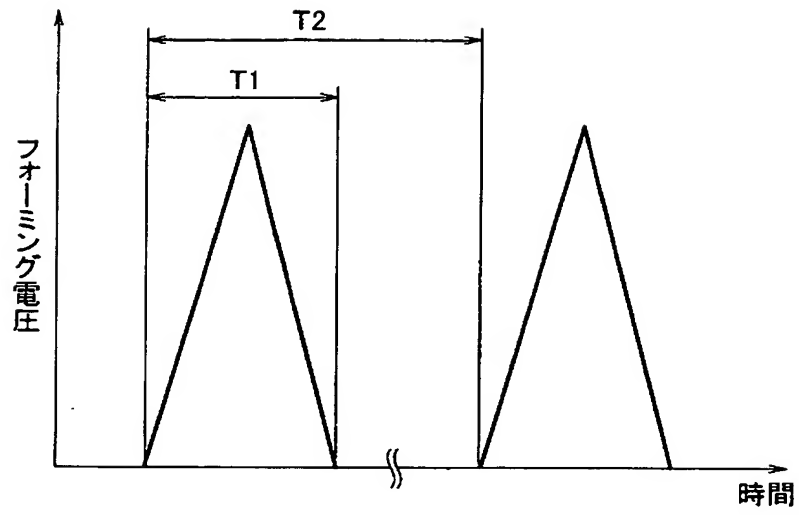


(B)

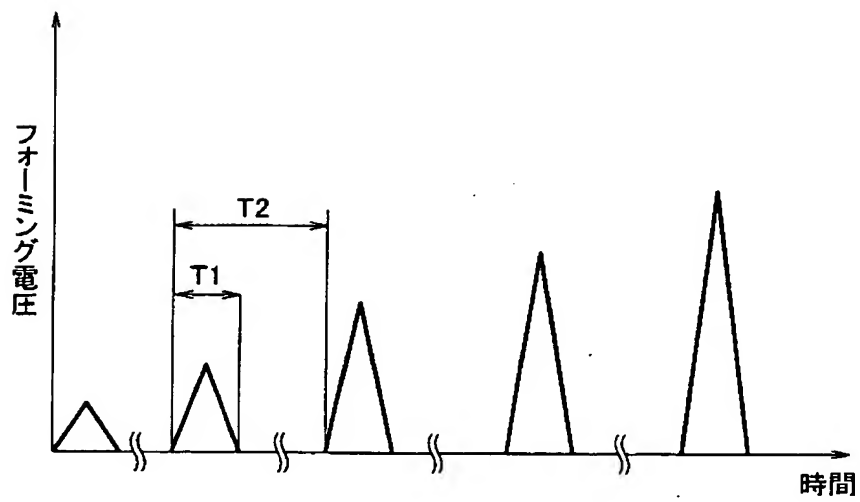


【図 22】

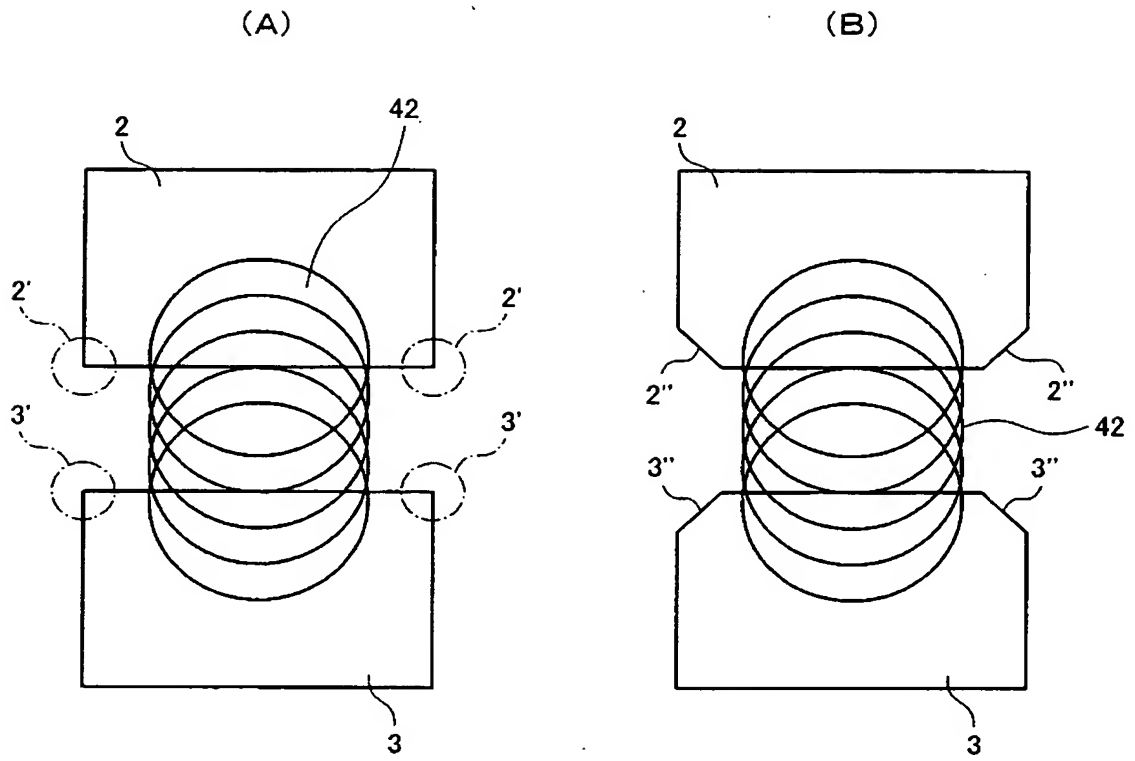
(A)



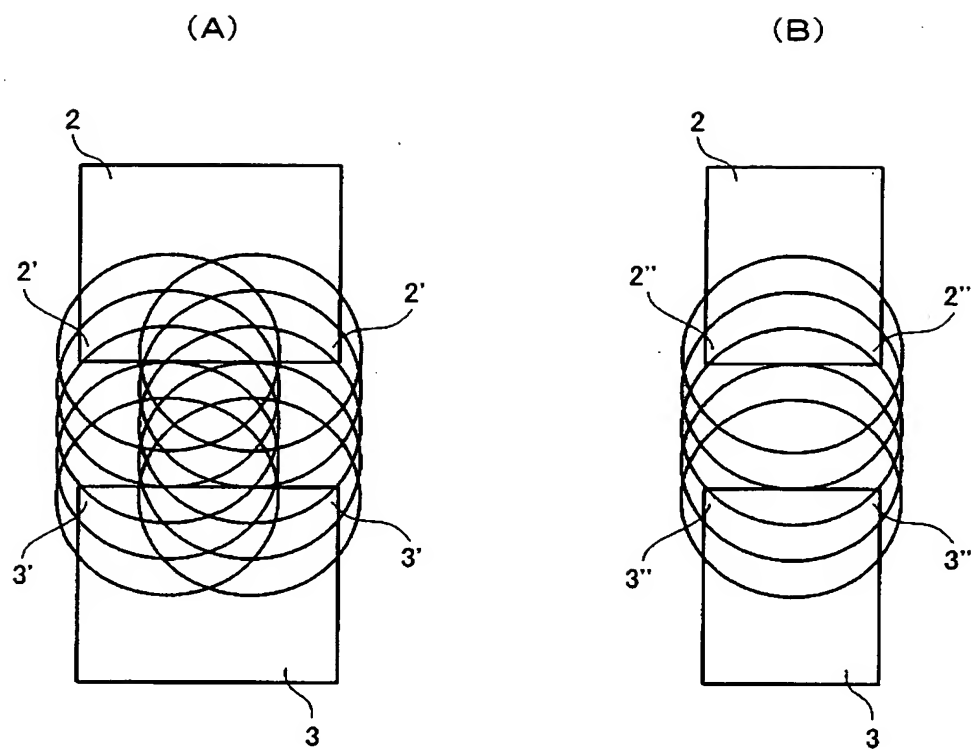
(B)



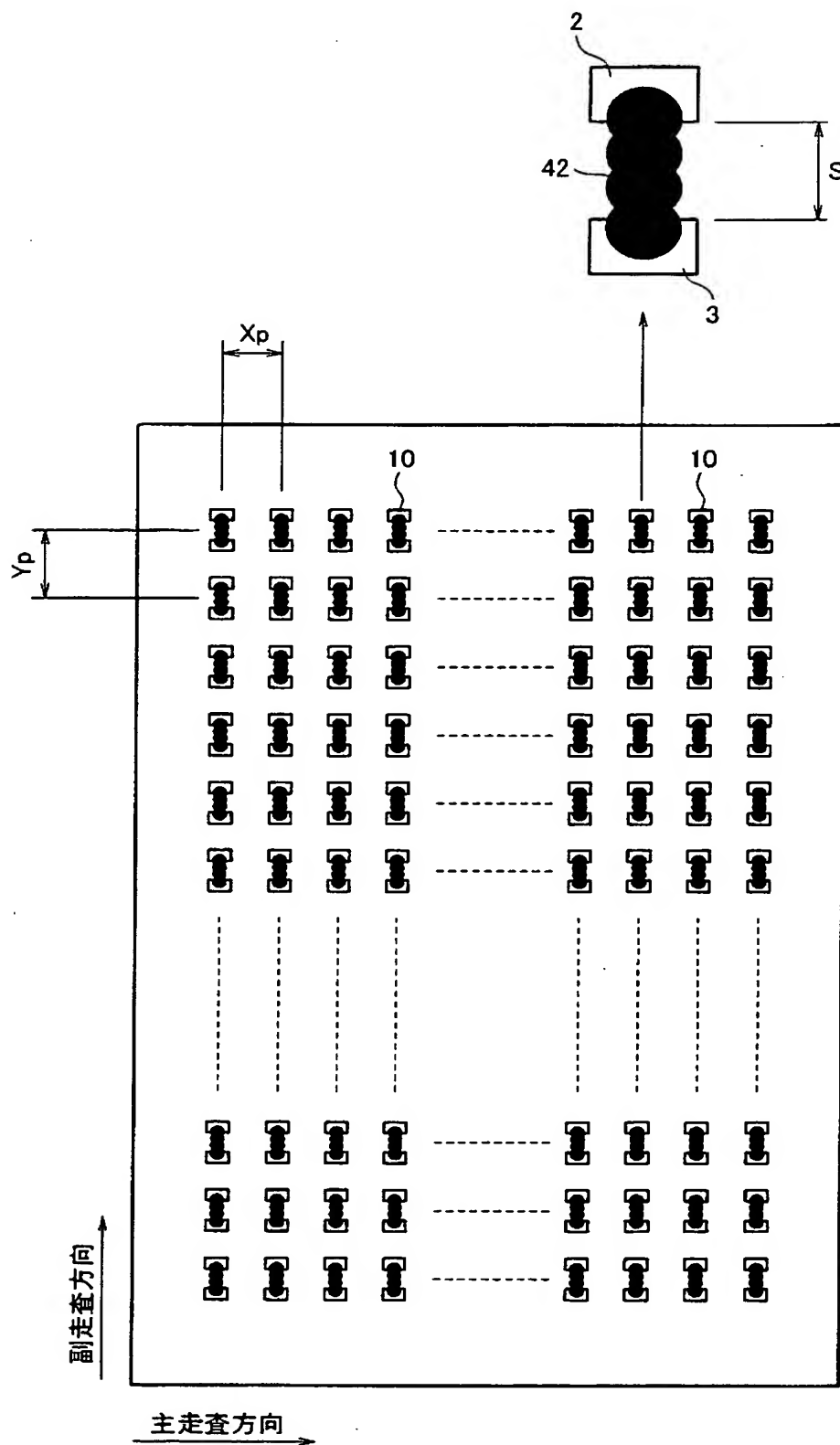
【図 23】



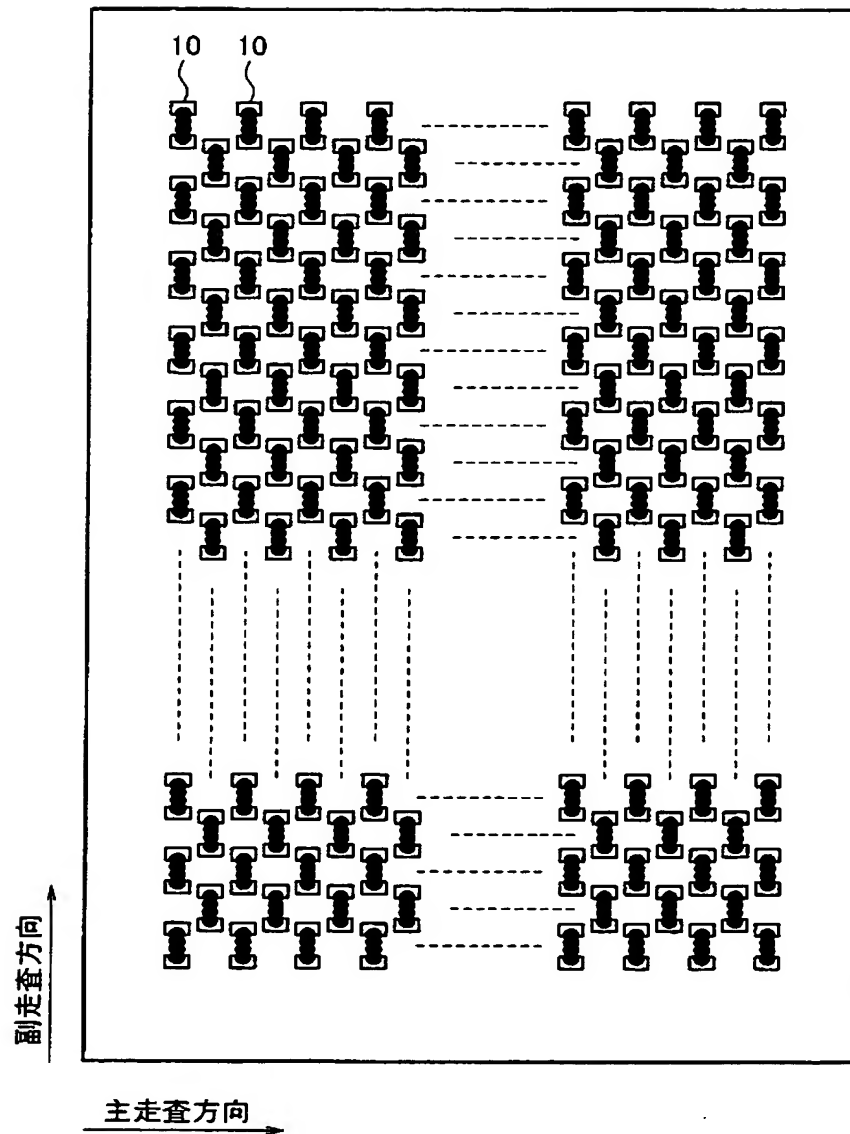
【図 24】



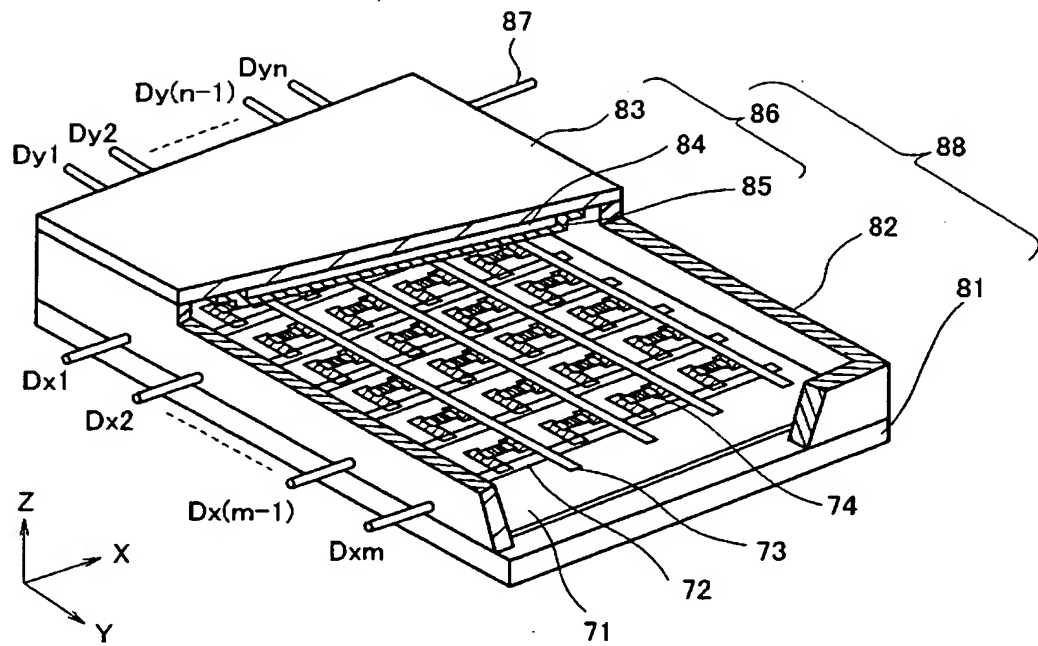
【図 25】



【図 26】

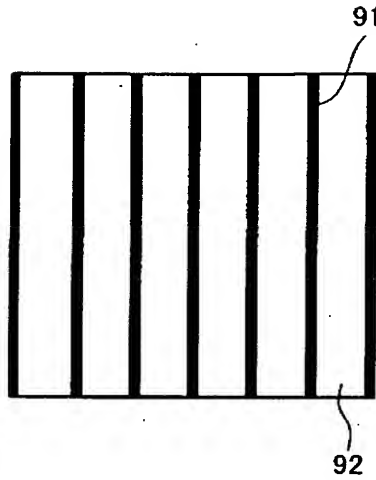


【図 27】

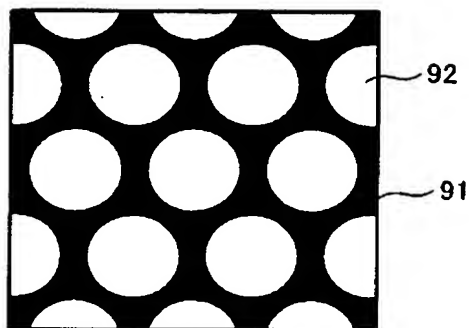


【図 28】

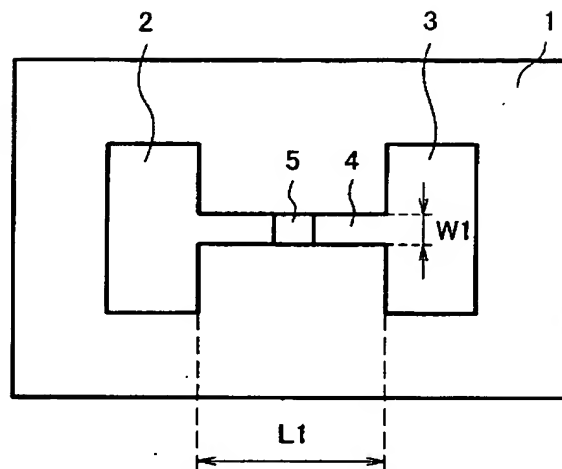
(A)



(B)



【図 29】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子放出素子を有する電子源基板を噴射時に目詰まりがなく安定して製造できる新規な製造装置を提供する。

【解決手段】 基板 1 4 上の複数対の各素子電極 2, 3 間に導電性薄膜を形成するための材料を含有する溶液の液滴 4 2 を吐出口径 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以下の液滴噴射ヘッド 3 3 により噴射付与し、導電性薄膜による表面伝導型電子放出素子群を形成する電子源基板を製造する。導電性薄膜を形成するための材料を含有する溶液（液滴） 4 2 は、液体に金属微粒子を分散させた溶液であり、該金属微粒子は前記液滴噴射ヘッド 3 3 の液吐出口を構成する部材よりやわらかい材料とするとともに、前記金属微粒子の大きさを D_p 、前記吐出口径を D_o とするとき、 $0.0002 \leq D_p / D_o \leq 0.01$ とした。

【選択図】 図 4

特願 2003-331325

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006747]

1. 変更年月日

2002年 5月17日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

氏 名

株式会社リコー